

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини і пояснювальної записки.

Об'єм графічної (ілюстративної) частини кваліфікаційної роботи становить 18 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 78 друковані сторінки формату А4 (210×297).

В кваліфікаційній роботі нараховується 29 рисунків та 6 таблиць з даними. Використано 23 літературних джерела.

В кваліфікаційній роботі була розроблена система автоматизованого керування технологічним процесом охолодження при напиленні лопаток. Впровадження автоматизованої системи управління для даного процесу дозволяє підвищити продуктивність установки і підвищити якість поверхні, яка напиляється.

Розробка стратегії для управління процесом напилення лопатки за допомогою SCADA-системи була одним із завдань. Завдяки візуалізації процесу можна наглядно спостерігати за його рухом, регулювати технологічні параметри та запобігати аварійним ситуаціям.

Для даного комплексу було розроблено газоаналізатор, який в комплексі з системою вентиляції дозволяє ефективно працювати на даній технологічній ділянці. Були розглянуті всі можливі небезпеки з точки зору охорони праці і заходи щодо їх уникнення в аварійних ситуаціях.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1. Аналіз технологічного процесу детонаційного нанесення покриттів	9
1.2. Огляд системи автономного охолодження.....	13
1.3. Огляд газової системи	14
1.4. Обґрунтування актуальності вибраного напрямку автоматизації виробничих процесів	16
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1. Аналіз технологічного процесу, як об'єкту керування.....	18
2.2. Обґрунтування вибору функціональної схеми автоматизованої системи керування	20
3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	23
3.1. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації.....	23
3.2. Вибір виконавчих механізмів та регулюючих органів	30
3.3. Обґрунтування і вибір контролера	33
3.4. Вибір модулів для керування технологічним процесом.....	38
3.5. Вибір компонентів для системи автоматизації	41
3.6. Опис принципової електричної схеми	45
4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	48
4.1.Розрахунок передатної функції	48
4.2.Визначення стійкості системи	54
5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	57

5.1.Розробка алгоритму роботи контролера.....	57
5.2.Розробка програми керування	59
5.3.Розробка стратегії управління процесом на базі SCADA-системи GENESIS 32	61
6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
6.1.Аналіз об'єкта виробництва	67
6.2.Заходи, спрямовані на приведення виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог.....	68
6.3.Розрахунок повітрообміну в приміщеннях за надлишками шкідливих речовин	70
6.4.Шляхи вирішення задачі захисту від ЕМІ.....	72
ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76

ВСТУП

Автоматизація – це впровадження комплексу засобів, які дозволяють виконувати виробничі процеси без прямої участі людини, але під її наглядом. Впровадження автоматизації у виробництво веде до збільшення обсягів продукції, зниження собівартості та покращення якості виробів.

У автоматизованих виробничих процесах роль людини зводиться до налаштування, регулювання та обслуговування обладнання. Використання засобів автоматизації вимагає від персоналу високої кваліфікації та спеціалізованих знань.

Системи керування на основі міні- та мікро-ЕОМ активно впроваджуються разом із окремими системами управління локальними операціями та головними виробничими процесами. Відомо, що застосування окремих систем керування локальними операціями працює добре на невеликих заводах і підприємствах малого розміру. Компанії середньої потужності, які мають безперервно-потоківі процеси та великі обсяги виробництва.

Автоматизація технологічних параметрів надає значні переваги:

1. Скорочує чисельність робочого персоналу, що підвищує продуктивність праці.
2. Змінює характер праці обслуговуючого персоналу, переходячи від ручних операцій до контролю та управління процесами.
3. Підвищує безпеку праці та надійність роботи обладнання, зменшуючи ризик людських помилок.
4. Зменшує викиди в навколишнє середовище, завдяки більш точному контролю процесів і ресурсів.

Автоматизовані системи контролюють критичні параметри виробництва та запобігати потенційним проблемам з якістю. Це особливо важливо в умовах

суворих вимог до безпеки харчових продуктів та зростаючих очікувань споживачів щодо якості та прозорості виробництва.

Нові можливості для подальшої автоматизації та оптимізації виробничих процесів у молочній промисловості відкривають тенденції індустрії 4.0. Це дає можливість компаніям бути більш ефективними та конкурентоспроможними на ринку.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технологічного процесу детонаційного нанесення покриттів

Процес підготовки до напилення

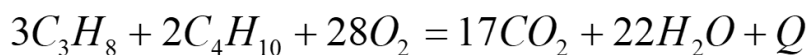
Після просіювання порошку ВК-25М через сито. Розмір часток композита ВК-25М повинен бути в межах 20...63 мкм. Далі проводиться сушіння порошку у сушильній камері протягом двох годин при температурі 90..110° С. Розрив у часі між закінченням сушіння порошку і початком напилювання не більше 1 години. Також порошок можна зберігати в сушильній шафі при температурі 90..1100 С, але не більше 24 годин. Просушений порошок повинен бути використаний протягом 4-5 годин. При не використанні композита в зазначений час, процес сушіння необхідно повторити.

Перед напиленням, деталь знежирюють. Далі знежирену поверхню обдувають електрокорундом з відстані 100..120мм під кутом 90°, під тиском 4..7 кгс/см² і час обробки однієї поверхні складає 5..10 сек. Також необхідно обдути вузли сухим чистим стисненим повітрям, очищеним від вологості й мастила, з точкою роси не вище 10° при тиску 1..4 кгс/см². Якість обдуву поверхні і вузлів деталі перевіряють зовнішнім оглядом. Обдута поверхня повинна бути рівномірно матовою, без темних і світлих плям.

Пристрій і робота комплексу детонаційного нанесення покриття

Детонаційне нанесення покриття являє собою процес розпилення порошкоподібного матеріалу продуктами згоряння, що виникають у результаті спрямованого детонаційного вибуху газової суміші (пропан-бутан, азот(повітря), кисень), здатної до екзотермічної реакції, тобто реакції з виділенням теплоти.

Процес, який протікає в камері згоряння описується таким рівнянням:



Маса продуктів дорівнює масі вихідних речовин, тобто стехіометричні коефіцієнти в рівнянні реакції відповідають масам реагуючих речовин і масам продуктів.

$$\begin{aligned}\Delta H_p &= (17\Delta H^0 CO_2 + 22\Delta H^0 H_2O) - (3\Delta H^0 C_3H_8 + 2\Delta H^0 C_4H_{10} + \Delta H^0 O_2) \\ \Delta H_p &= 17(-393,51) + 22(-285,83) - (3 \cdot (-103,85) + 2 \cdot (-124,7)) = \\ &= -6689,67 - 6288,26 - ((-311,55) - 249,4) = -12977,93 - 560,95, \\ \Delta H_p &= -13538,88 \text{ кДж / моль} \\ Q &= -\Delta H_p \\ Q &= 13,5389 \text{ МДж}\end{aligned}$$

При детонації вибухової газової суміші виникає надзвуковий високотемпературний потік з енергетичними параметрами, при яких швидкість продуктів детонації досягає до 1300 м/с, а температура до 3500 °К.

Високотемпературний потік продуктів детонації одержують у такий спосіб. У робочу камеру нагнітають під тиском вибухову газову суміш. Перед тим як підпалити газову суміш у робочу камеру подається дрібнодисперсний порошок матеріалу, який напилюється.

Горіння газової суміші в робочій камері протікає в режимі детонації, у результаті якої вивільняється внутрішня енергія цієї суміші з утворенням продуктів згоряння (CO₂ і H₂O), що розширюються і володіють високою температурою (до 3500 °К) і створюють високий тиск (до 0,4 МПа). Під впливом високої температури частинки порошку переходять у пластичний стан і, прискорюючись продуктами згоряння, при вильоті зі ствола і зіткненні з поверхнею деталі утворюють на ній плями покриття. Поєднання одиничних плям створює шар покриття на поверхні деталі.

Одним з основних факторів детонаційного методу нанесення покриттів є те, що в процесі проходження детонаційної хвилі по об'єму вибухової газової

суміші відбувається перехід потенційної (хімічної) енергії вибухової суміші в кінетичну енергію ($E = mV^2/2$) продуктів, що рухаються з надзвуковою швидкістю (до 1300 м/с), детонації.

У момент удару частинок порошку об поверхню деталі відбувається утворення різного роду зв'язків між частинками порошку, а також між частинками і поверхнею деталі, яка напилюється. На поверхні деталі закріплюються у вигляді покриття тільки ті частинки, що володіють достатнім енергетичним рівнем, необхідним для їхнього механічного і хімічного зчеплення між собою і з матеріалом деталі, який зміцнюється. Інші частинки відбиваються. Тому, ефективність використання порошку, який напилюється не перевищує 30-60%.

Для детонаційного методу нанесення покриттів характерна мала тривалість одиничного процесу. Так, наприклад, тривалість детонації вибухової суміші газів, що заповнює ствол, триває приблизно $(0,75..0,85) \times 10^{-3}$ сек., взаємодія частинок порошку з продуктами вибуху триває не більш $(0,6...0,8) \cdot 10^{-3}$ с, а час формування одиничної плями покриття порядку 10^{-5} с.

Практична реалізація методу здійснюється в комплексі детонаційного нанесення покриттів, що працює в імпульсно-циклічному режимі. Частота циклів (пострілів) може бути від 4 до 12 Гц. Число циклів від 1 до 9999.

Одиничний цикл – це сукупність, протікаючих у визначеній послідовності, технологічних операцій (фаз) у часі. Одиничний цикл складається з наступних фаз:

- заповнення ствола установки вибуховою газовою сумішшю (пропан-бутан, азот(повітря), кисень);
- подача визначеної дози порошку в ствол $(0,012-0,09 \text{ см}^3)$;
- ініціювання детонації (підпал) суміші в стволі і витікання продуктів вибуху зі зваженими в них частинками порошку матеріалу, який напилюється;
- формування покриття на поверхні деталі.

До особливостей процесу детонаційного напилення відносяться:

- високий рівень шуму – до 140 дБ;

- виділення, у процесі вибуху газової суміші, великої кількості продуктів згоряння, а також наявність підвищеної концентрації зважених у повітрі дрібнодисперсних частинок порошкового матеріалу, який напильюється.

Основними параметрами, що визначають працездатність комплексу детонаційного нанесення покриття, є:

- товщина шару покриття, яке наноситься за постріл ($0,007 \pm 0,001$ мм/пос.);
- пористість (визначається гідростатичним зваженням);
- твердість (HRC 60);
- міцність зчеплення з підкладкою (зразок випробовують на розрив 600 кг).

Робота детонаційної гармати відбувається таким чином. Робоча суміш, яка утворилася в газовому змішувачі надходить через канал у вставці, попадає в робочу камеру і далі заповнює внутрішню частину ствола по всій його довжині. Також в ствол через порошкову трубку подається порошок з дозатора.

При роботі детонаційної гармати, подаються електричні сигнали на виконавчі механізми, у якості яких використані однопозиційні електричні пневмоклапани. Через клапани здійснюється продувка ствола від залишків продуктів згоряння робочої суміші і частинок невикористаного порошку, який напильюється.

Напруга 24В на свічу запалювання подається з котушки запалювання.

При детонації вибухової газової суміші виникає надзвуковий високотемпературний потік, температура якого досягає 3500°K . Для запобігання перегріву і пошкодження установки використовується система рідинного охолодження.

1.2. Огляд системи автономного охолодження

Система охолодження детонаційної гармати, призначена для забезпечення відводу тепла від ствола і робочої камери охолоджувальною рідиною. Технічні характеристики системи приведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Технічні характеристики системи автономного охолодження

№ п/п	Найменування показників, одиниць виміру	Числове значення
1.	Система рідинного охолодження	Автономна, замкнена
2.	Тиск води в системі охолодження, МПа (кГс/см ²)	0,1.... 1,2(1-1,2)
3.	Охолоджуюче середовище	тосол, вода
4.	Температура зовнішніх поверхонь ствола, град. С не більше	60-80
5.	Ємність системи, л.	20
6.	Робоча температура охолоджуючого середовища, град. С	20

Опис і склад системи автономного охолодження.

Система автономного охолодження складається з насоса, що забезпечує циркуляцію охолоджувальної рідини, радіатора з вентилятором, резервуара з охолоджувальною рідиною і системи патрубків. У системі встановлені термореле для контролю температури охолоджувальної рідини, ТЕН для примусового нагрівання охолоджувальної рідини до робочої температури.

Циркуляція охолоджувальної рідини виконується примусово в порожнині між поверхнею ствола і кожухом гармати та через систему каналів робочої камери. Система охолодження виконана автономною. Подача порошку для нанесення покриття, робочих газів здійснюється за допомогою газової системи установки.

1.3. Огляд газової системи

Газова система використовується для управління тиском і витрати робочих середовищ, які подаються до детонаційної гармати, а також контролювати поточні параметрами технологічного процесу нанесення покриттів. Контролюються наступні параметри: тиск, витрата, температура, кількісне співвідношення газових компонентів робочої суміші (пропан-бутан – 167 см³/с; кисень – 600 см³/с; азот (повітря) – 417 см³/с), транспорту порошку.

Газова системи складається з газового пульта, регулюючого тиску і витрати робочих середовищ, електропневмоклапанів, що реалізують циклограму подачі робочих середовищ, пневмоциліндра переміщення шторки і сполучних рукавів. Технічні характеристики газової системи приведені в табл. 1.2. Принципова схема газового пульта приведена на рис. 1.1.

Таблиця 1.2

Технічні характеристики газової системи

№ п/п	Найменування показників, одиниць виміру	Числове значення
1	2	3
1.	Тиск робочих середовищ на вході в магістралі газового пульта, МПа, (кгс/см ²):	
	Кисню	0,3..0,5 (3..5)±0,1
	Пропан – бутану	0,12..0,24 (1,2..2,5)±0,11
	Азоту (повітря)	0,3..0,5 (3..5)
	Азоту (повітря), що транспортує порошок	0,13-0,25(1,3-2,5)
2.	Тиск робочих середовищ при відсутності витрати на виході з магістралей газового пульта МПа, (кгс/см ²):	
	Кисню суміші	0,3...0,5±0,01 (3...5)±0,1
	Пропан-бутан суміші	0,12...0,24±0,01 (1,2...2,4)±0,1
	Азоту (повітря) суміші	0,3...0,5±0,01 (3...5)±0,1
	Азоту (повітря) транспортуючого порошок	0,03-0,20±0,01 (0,3-2,5) ±0,4

Продовження таблиці 1.2

3	Витрата газів по магістралях м ³ /год:	
	Кисню суміші	0,5...5,0
	Пропан – бутану суміші	0,5...5,0
	Азоту (повітря) суміші	0,5...3,5
	Азоту (повітря), транспортуючого порошок	0,15...0,85
4	Геометричні розміри підвідних шлангів, від ПД до газового пульта: - довжина, мм - внутрішній діаметр, мм	не більш 5000 8

Робота газової системи.

Принципова схема пневматичного газового пульта зображена на рис. 1.1. Вихідне положення усіх вентилів – закриті. Для роботи за допомогою регуляторів тиску РДФ встановлюється в каналах 1-5 тиску, відповідно до вимог технології нанесення конкретного покриття. У каналі 5 подачі повітря до пневмоциліндру підйому/опускання шторки встановлюється тиск у межах 0,2-0,3 МПа і разом з підбором величини відкриття регульованого дроселя в корпусі пневмоциліндра досягають плавного ходу шторки. За допомогою вентиля ВЗР встановлюється, необхідні за технологією нанесення конкретного покриття, значення витрат газів по каналах 1-4. Контроль витрат газів здійснюється візуально за показниками датчиків тиску.

По закінченні роботи тиск робочих газів у каналах газового пульта і гармати повинні бути знижені до нуля і вентиля ВЗР закриті.

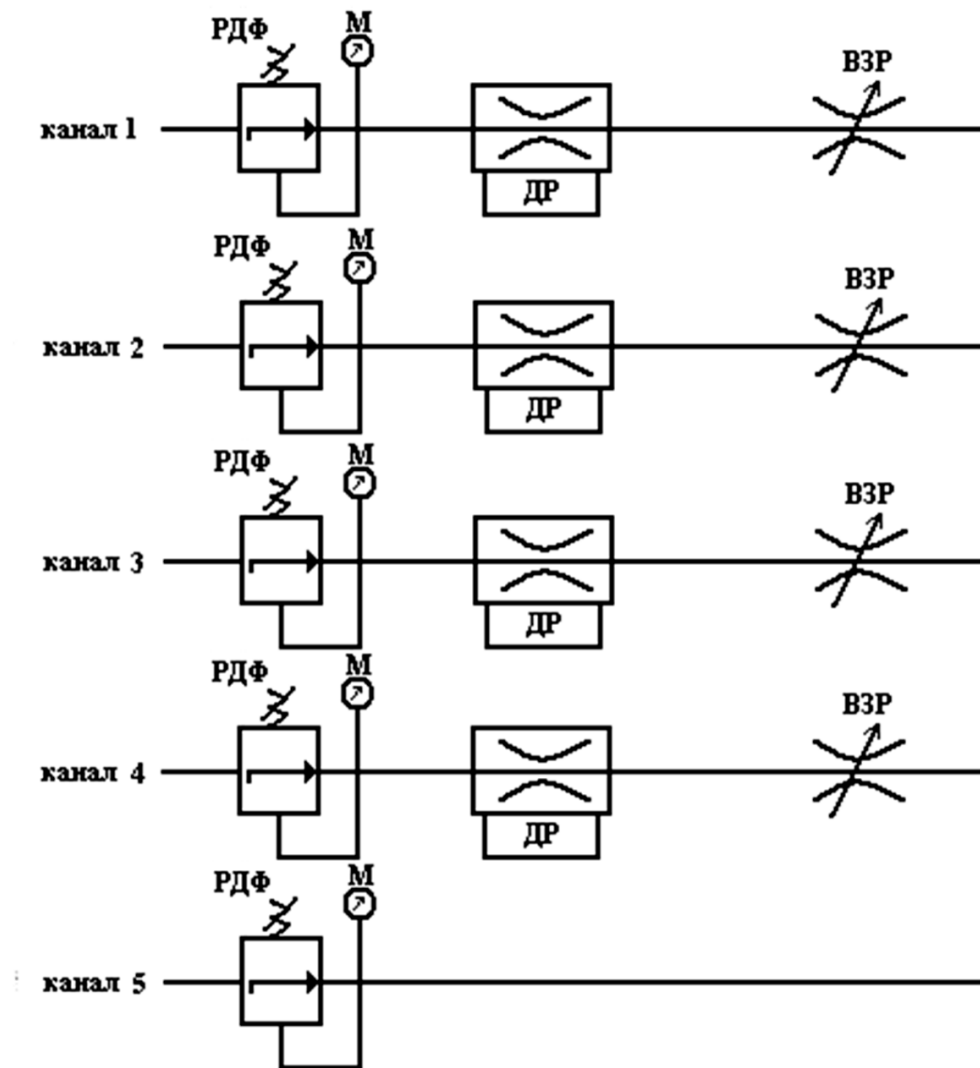


Рис.1.1. Схема принципова пневматична газового пульта
(РДФ - редуктор тиску, М - манометр, ДР - датчик витрати газу,
ВЗР - вентиль запірно-регулюючий)

1.4. Обґрунтування актуальності вибраного напрямку автоматизації виробничих процесів

Завданням автоматизації є керування комплексом детонаційного нанесення покриттів, керування і контроль за технологічними параметрами процесу нанесення покриттів.

Вимоги до системи управління:

- керувати подачею горючого газу, кисню, повітря та порошку;
- керування електронним блоком запалення;

- здійснювати контроль за подачею газів в ствол гармати;
- здійснювати контроль за подачею та наявністю порошку при пострілі в струмені полум'я;
- здійснювати контроль за температурою ствола;
- здійснювати контроль за температурою охолоджуючого середовища на вході та на виході зі ствола;
- вести статистику машинного часу (час безперервної стрільби);
- вести статистику кількості проведених пострілів.

Таблиця 1.3

Параметри, які контролюються під час процесу

Параметр	Розмірність	Значення	Відхилення (похибка)
1	2	3	4
Тиск води в системі охолодження	МПа, (кгс/см ²)	0,1..1,2	±0,05
Температура зовнішніх поверхонь	°C	60..80	±2..3
Температура охол. середовища	°C	20	±2
Тиск кисню	МПа, (кгс/см ²)	0,3..0,5	±0,01
Тиск пропан-бутан суміші	МПа, (кгс/см ²)	0,12..0,24	±0,01
Тиск азоту	МПа, (кгс/см ²)	0,3..0,5	±0,01
Тиск повітря транспортуючого порошок	МПа, (кгс/см ²)	0,03..0,20	±0,01
Витрата газів по магістралях	кг	0,5..5,0	±0,01
Концентрація шкідливих викидів	%	0..2	±0,1

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Аналіз технологічного процесу, як об'єкту керування

Структура системи регулювання і параметри регуляторів визначаються властивостями технологічного процесу як об'єкту керування.

Властивості технологічного процесу визначають структуру та параметри системи регулювання.

Основні параметри, які описують кожен технологічний процес, є змінні. У процесі регулювання ці змінні повинні залишатися стабільними або змінюватися в потрібному напрямку. Точність стабілізації змінних стану технологічного процесу залежить від правил, які встановлюються системою регулювання, і від її здатності виконувати свої функції. Як правило, змінні вимірюються безпосередньо, або вони можуть бути обчислені за допомогою інших відомих параметрів технологічного процесу.

Змінні, за допомогою яких можна керувати об'єктом – це сукупність регулюючих змінних, які не пов'язані з роботою системи регулювання. Вони мають назву збурюючих впливів і роблять це, змінюючи характеристики самого об'єкта керування зовнішніми умовами.

Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування включає вивчення та оцінку його статичних і динамічних аспектів, залежності від зовнішніх впливів і зв'язків між процесами регулювання та контролю.

Процес наплення можна розділити на окремі стадії, кожна з яких має свій набір параметрів, які контролюються та регулюються.

Коли подається певна кількість порошку для наплення, газова суміш створюється шляхом змішування різних газів у певних пропорціях. У камері згоряння ці гази повністю згоряють. Щоб досягти необхідних пропорцій газів, необхідно спостерігати за тиском і витратою газів, а також контролювати вплив

температури на установку, який може призвести до зниження тиску в магістралях. Для того, щоб ствол гармати не перегрівся під час пострілу, необхідно подавати охолоджувану рідину під певним тиском і з певною початковою температурою.

На принциповій схемі (рис. 2.1.) показано, як працюють всі вищезазначені параметри.

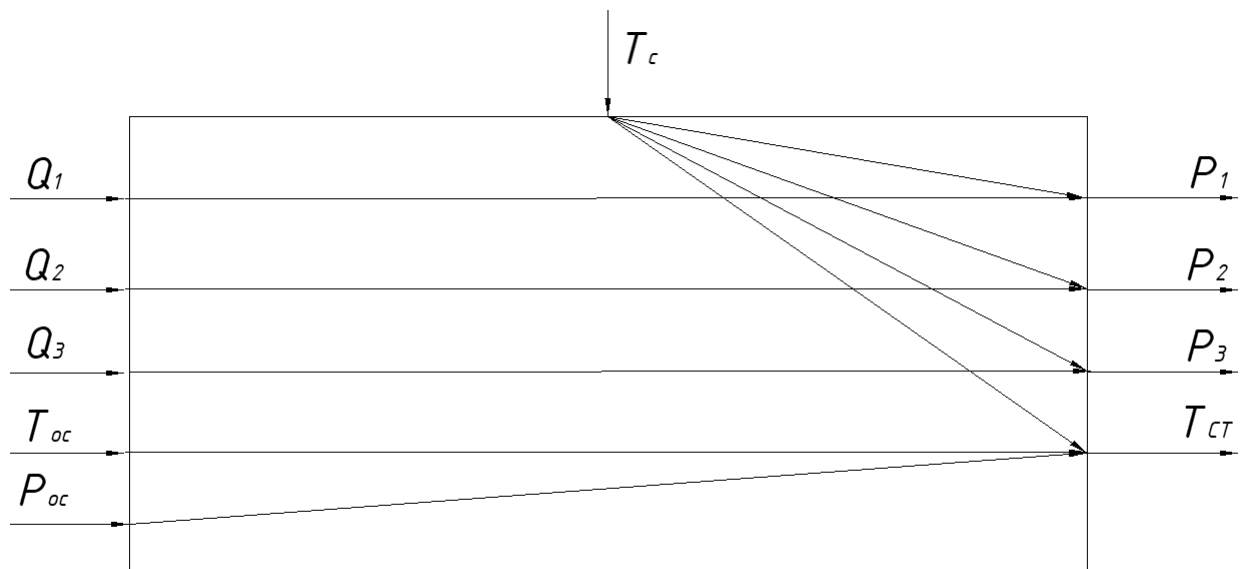


Рис. 2.1. Принципова схема параметрів регулювання

Q_1 – витрата кисню;

Q_2 – витрата пропан-бутану суміші;

Q_3 – витрата азоту (повітря) транспортуючого;

T_{oc} – температура охолоджуючого середовища (вода, тосол);

T_c – температура середовища;

P_1 – тиск кисню;

P_2 – тиск пропан-бутану суміші;

P_3 – тиск азоту (повітря) транспортуючого;

P_{oc} – тиск охолоджуючого середовища (вода, тосол);

T_{cm} – температура ствола гармати.

Гармату для наплення деталей, як об'єкт управління, можна розділити на кілька послідовних об'єктів, пов'язаних один з одним через вхідні та вихідні змінні. Такі змінні визначають якість вихідного продукту під час переходу від

одного локального об'єкта управління до іншого. Стабілізація зазначених змінних величин гарантує виконання окремих технологічних завдань і, нарешті, стандартність готової продукції, що означає її відповідність ДСТУ за нормованими показниками.

2.2. Обґрунтування вибору функціональної схеми автоматизованої системи керування

Функціональна схема розробляється з врахуванням найнеобхідніших параметрів, по яких можна здійснювати контроль та регулювання параметрів (рис. 2.2).

Детонаційне нанесення покриття являє собою процес розпилення порошкоподібного матеріалу продуктами згоряння, що виникають у результаті спрямованого детонаційного вибуху газової суміші (пропан-бутан, азот(повітря), кисень), здатної до екзотермічної реакції, тобто реакції з виділенням теплоти.

Даний процес напилення вимагає дотримання певних пропорцій газів (пропану – 3 частини, бутану – 2 частини, кисню – 28 частин від загального об'єму суміші), які подаються для утворення вибухової суміші і певної кількості порошку, який утворює шар напилення. Для дотримання цих вимог використовується автоматична система регулювання подачею газів. При надлишковому або малому тиску відбувається блокування роботи всієї системи.

Дозування компонентів здійснюється в залежності від концентрації та необхідних пропорцій композиції. В якості вимірювальних пристроїв використовуються витратоміри-лічильники FE(5-3), FE(5-6), FE(5-9) та датчики тиску PE(5-2), PE(5-5), PE(5-8). До ствола гармати подаються пропан-бутан суміш і кисень, який необхідний для процесу горіння. Змішування газів і наступна їх детонація (вибух) відбувається в камері згоряння куди вони подаються за допомогою транспортуючого газу в якості, якого виступає азот або кисень. Після нагнітання під тиском вибухової газової суміші, перед тим як

підпалити газову суміш, у робочу камеру подається дрібнодисперсний порошок з пневматичного дозатора.

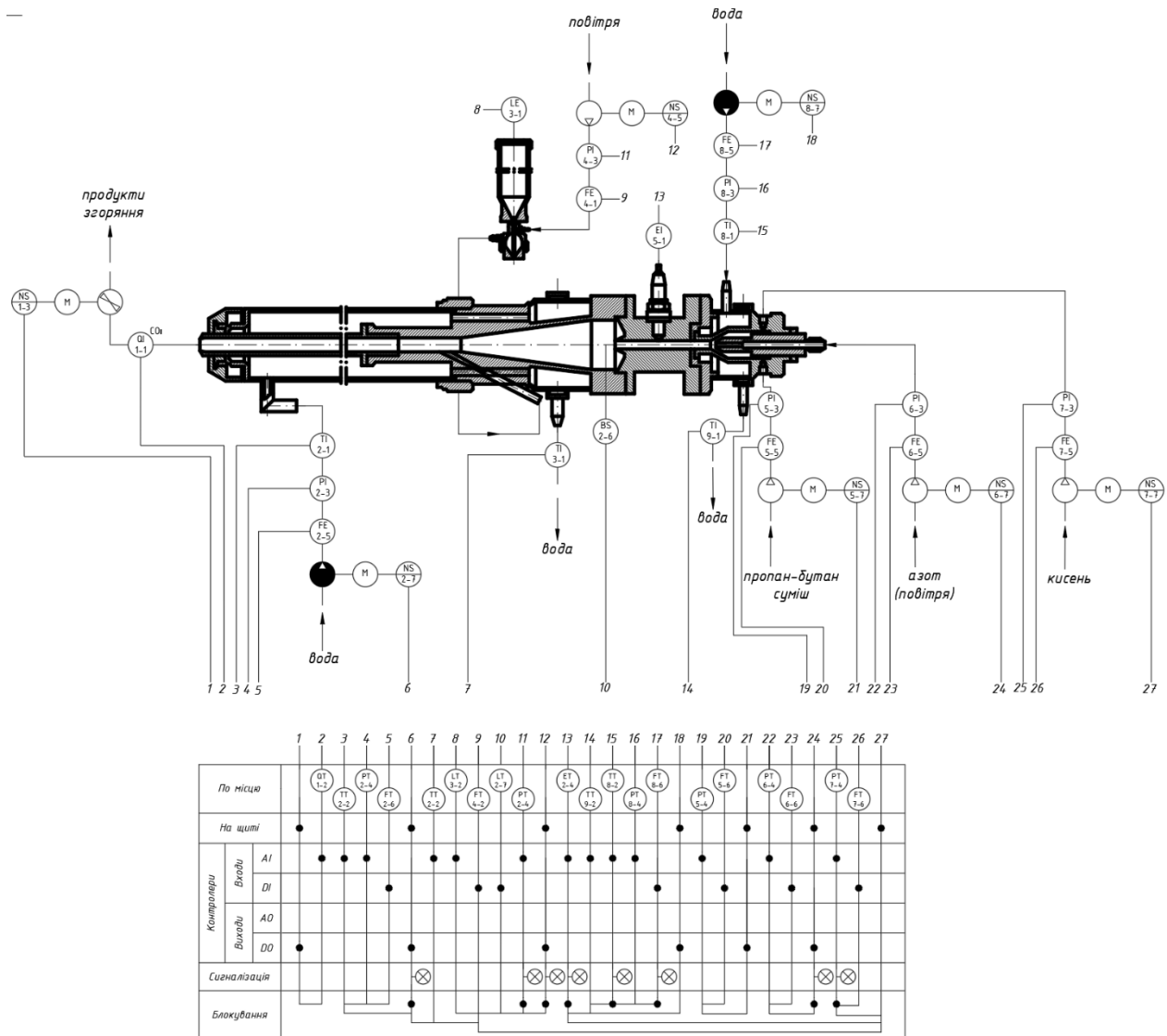


Рис. 2.2. Функціональна схема автоматизованої системи

Контроль, за наявністю порошку в дозаторі, здійснюється за допомогою ультразвукового рівнеміра верхнього (3-1), а також ведеться контроль за подаючим повітрям з допомогою датчиків витрати (3-3) і тиску (3-4). Підпалювання суміші здійснюється за допомогою свічі запалення, від джерела живлення напругою 24В. Горіння газової суміші в робочій камері протікає в режимі детонації, у результаті якої вивільняється внутрішня енергія цієї суміші

з утворенням продуктів згоряння (CO_2 і H_2O), які розширюються і володіють високою температурою (до 3500°K) і створюють високий тиск (до $0,4\text{ МПа}$).

Для запобігання перегріву і пошкодження установки використовується замкнена система рідинного охолодження. Контроль температури ствола здійснюється за температурою рідини після виходу з кожуха охолодження (датчики температури (2-5; 4-1)), вона не повинна перевищувати $60-80^\circ\text{C}$. На вході до кожуха охолодження встановлені датчики температури (2-1; 4-2) (рідина для охолодження повинна мати температуру 20°C), тиску (2-2; 4-3) і витрати (2-3; 4-4). Датчики тиску дозволяють регулювати швидкість потоку від, якого буде залежати степінь і швидкість охолодження поверхні гармати.

В процесі роботи установки можуть виникнути різні аварійні ситуації. В основному вони пов'язані з відсутністю спалаху у камері згоряння. Детектування спалаху проводиться з допомогою приладу контролю згасання факела (2-6) і датчика напруги (5-1) на свічці запалювання. При відсутності іскри за сигналом припиняється подача газів і порошку, тобто відбувається блокування.

Практична реалізація методу здійснюється в комплексі детонаційного нанесення покриттів, що працює в імпульсно-циклічному режимі. Частота циклів (пострілів) може бути від 4 до 12 Гц.

Інтервали пострілів задаються і регулюються контролером.

Після проведення робіт по напиленню необхідно здійснювати огляд установки (наявність людей в робочому боксі). Для очищення повітря від залишків продуктів згоряння і композиту працює система вентиляції сумісно з газоаналізатором (1-2).

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації

Вибір датчиків та їх технічні характеристики

Впровадження автоматизації у виробничі процеси значною мірою залежить від правильного вибору відповідних засобів. Вибір є правильним, якщо він забезпечує ефективний контроль та управління процесом враховуючи параметри контролюваного середовища, а також гарантує високу взаємозамінність приладів і надійну експлуатацію в умовах виробництва. Однак важливим аспектом є й те, що вибрані технічні засоби автоматизації (ТЗА) повинні забезпечувати точність і надійність вимірювань, оскільки це безпосередньо впливає на економічну ефективність.

Перевагою таких засобів є наявність уніфікованого струмового сигналу, що дозволяє безперешкодно підключати їх до ПЛК та комп'ютерів.

Для потреб цього виробництва добре підходять засоби автоматизації загальнопромислового виробництва. До таких належать вимірювальні прилади і перетворювачі температури (наприклад, термоелектричні перетворювачі типу ТПК(ХА)), тиску (датчик тиску DMP 331), рівня (ультразвуковий рівнемір типу KOBOLDNUS), витратомір-лічильник (Js 90-1,5NK), а також аналізатор газів (газоаналізатор власної розробки).

Засоби автоматизації загальнопромислового виробництва добре підходять для потреб цього виробництва. Такими приладами є вимірювальні прилади та перетворювачі температури, такі як термоелектричні перетворювачі, давачі тиску, давачі рівня, лічильники витрат і аналізатори газів.

Електроконтактний манометр M160-R-1,6

Цей манометр може вимірювати тиск у діапазоні від 0,01 - 100 МПа. Межі температур для роботи становить $-35 - +45^{\circ}\text{C}$, при відносній вологості повітря до 95%. Механізм вимірювання використовує пружину Бурбона, а приєднувальний патрубок виготовлений з латуні. Оглядове вікно манометра виготовлено з пластику, тоді як корпус манометра виготовлений зі сталі. Манометр може комутувати два електричні ланцюги. Коли тиск перевищує зазначене значення, перший ланцюг замикається, а коли тиск знижується нижче зазначеного рівня, другий ланцюг замикається. Комутовані ланцюги можуть мати максимальну напругу 0,1А та можуть працювати при напрузі 220В або 380В. Манометр відноситься до категорії приладів для показу та запису.

Електроконтактний манометр M160-R-1,6

Цей манометр призначений для вимірювання тиску в діапазоні від 0...0,1 до 0...100 МПа. Діапазон робочих температур становить від $-40...+50^{\circ}\text{C}$, при цьому вологість навколишнього середовища не повинна перевищувати 95%. Вимірювальний механізм базується на пружині Бурбона, а приєднувальний патрубок виготовлений з латуні. Корпус манометра – сталевий, оглядове вікно – пластик. Манометр має функцію комутації двох електричних ланцюгів: перший ланцюг замикається при перевищенні тиску за задане значення, другий – при зниженні тиску нижче встановленого рівня. Допустимі напруги на комутованих ланцюгах: $\sim 220\text{В}$ або $\sim 380\text{В}$, максимальна сила струму – 0,1А. Манометр відноситься до класу показуючих і реєструючих приладів.

Переваги:

- Можливість виконання в захисному корпусі з класом захисту IP50.

Недоліки:

- Неможливість зняття показань в реальному часі.
- Нездатність під'єднання до ПЛК.

- Значні значення габаритів.
- Для усунення цих недоліків можна використати інший давач тиску.

Давач тиску DMP 331

Цей датчик (рис. 3.1) перетворює тиск у електричний сигнал і використовується для виміру тиску в межах від 0,0061 до 2,6 МПа.



Рис. 3.1. Давач тиску

Переваги та особливості:

- Компактна й міцна конструкція.
- Низька залежність від температури.
- Тривала стабільність характеристик.
- Широкий вибір варіантів електричних і механічних підключень.
- Швидкий час відгуку.
- Довгий термін служби.
- Можливість виконання для польових умов.
- Герметичне з'єднання або обертовий кабельний роз'єм.
- Малі розміри.

Технічні характеристики:

- діапазони тиску: від 0..0,0061 МПа до 0...2,6 МПа;
- вихідні сигнали: 4..20 мА /2-х пров.; II 1G ЕЕх і ІІС Т4/4..20 мА/ 2 пров.; 0...20 мА / 3-х пров.:
 - 1) 0..10 В / 3-х пров.; 0...5 В / 3-х провідникового виконання;
 - 2) 0..1 В / 3-х провідникового виконання;
 - 3) 1..6 В / 3-х провідникового виконання;
 - 4) 4..20 мА / 3-х провідникового виконання;
- клас захисту ІР 65-68;
- точність 0,5% / 0,25% у всьому діапазоні згідно ІЕС 60770.

Термоелектричний перетворювач типу

Термоелектричний перетворювач представляє собою термоелектричний ланцюг (термопару), яка утворена двома різними металевими провідниками з двома спаями (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Термоперетворювач

Технічні характеристики:

- клас допуску – 2;
- робочий діапазон вимірювання – $-40...+400^{\circ}\text{C}$;
- умовний тиск – 10 МПа;
- діаметр термоелектронного дроту – 0,5; 0,7;
- показник теплової інерції, не більше:
 - 1) з ізолюваним робочим спаєм – 20 с;
 - 2) з неізолюваним робочим спаєм – 10 с;
- опір ізоляції – не менше 100 МОм;
- кількість робочих термопар в виробі – 1 шт.; 2 шт.;
- матеріал захисної арматури – сталь 12Х18Н10Т.

Ультразвуковий рівнемір KOBOLD NUS.

Використовується для безконтактного неперервного вимірювання. Компактний прилад має вмонтований температурний датчик для компенсації часу руху звуку. Діапазон вимірювання регулюється. Прилад працює по ультразвуковому принципу. Датчик надсилає ультразвуковий імпульс на поверхню рідини чи сипучих матеріалів. Відбитий сигнал приймається тим самим датчиком. Час відбиття показує вимірюючий рівень.



Рис. 3.3. Ультразвуковий рівнемір KOBOLD NUS

Технічні характеристики:

- максимальний тиск 3 МПа;
- межі вимірювання: рідини до 5 м, сипучі тіла до 2 м;
- точність вимірювання $\pm 0,25\%$;
- максимальна температура 80°C;
- мінімальний зазор має складати 3 мм.

Витратомір-лічильник JS 90-1.5NK.

Витратомір використовує систему з передавачем імпульсів. Стандартна модель володіє одним імпульсним входом. Цей пристрій містить крильчатий одноструменевий лічильник.



Рис. 3.4. Витратомір-лічильник

Технічні характеристики:

- клас точності 4 (по ДСТУ 3339-97);
- номінальна об'ємна витрата 0,03 – 3 м³/год;
- температура теплоносія в трубопроводі до 90°C;
- живлення автономне від літійового елемента 3,6 В зі строком служби 5-6 років.

Газоаналізатор ІГМ-10.

Стаціонарний оптичний газоаналізатор горючих газів ІГМ-10 призначений для автоматичного вимірювання концентрації вибухонебезпечних вуглеводневих газів (метану, пропану, бутану, парів бензину, толуолу або

ксилолу і т.д.). Прилад може використовуватися у складі газоаналітичних систем, АСУ ТП, САУ, ПАЗ різних галузей промисловості.

Технічні характеристики:

- метод вимірювання ІК-абсорбційний;
- детектує гази вибухонебезпечні вуглеводневі гази;
- стандартні варіанти калібрування: метан, пропан, гексан, діоксид вуглецю;
- термін служби не менше 8 років;
- абсолютна похибка вимірювання $\pm 3\%$ НКПР;
- маркування вибухозахисту 1Exd IIBT6X;
- ступінь пило-вологозахисту IP54;
- робочий діапазон температур $-40..65^{\circ}\text{C}$;
- вологість до 98% без конденсації;



Рис. 3.5. Газоаналізатор ІГМ-10

Фотоелектронний сигналізатор полум'я ФЭСП-2.

Фотоелектронний сигналізатор полум'я призначений для контролю наявності полум'я. Прилад перетворює сигнали від електродного датчика полум'я (КЕ) у дискретні вихідні сигнали. Датчик розміщується в іонізованому полум'ям газі.

Технічні характеристики:

- живлення $24 \pm 2,4$ В;
- споживана потужність не більше 3,5 ВА;
- маса не більше 1,5 кг.



Рис. 3.6. Фотоелектронний сигналізатор полум'я

Специфікація на засоби автоматизації наведена в таблиці 3.1.

3.2. Вибір виконавчих механізмів та регулюючих органів

Магнітний пускач ПМЛ1.

Магнітний пускач (контактор – модуль 35 і 45мм) призначений для керування постійним і змінним струмом. У приналежності входять 2-х і 4-х полюсні насадні модулі допоміжних контактів. Для захисту двигунів від надструмів і випадання фази повинні комплектуватися реле перевантаження.

Мініатюрні контактори можуть встановлюватися на 35мм монтажну рейку (EN60 715) або кріпитися двома гвинтами. Конструкція клемників контакторів передбачає швидкий монтаж.



Рис. 3.7. Магнітний пускач ПМЛ1

Відмінні риси контакторів:

1. висока стійкість контактів
2. висока навантажувальна здатність:
 - висока комутаційна здатність;
 - висока електрична і механічна стійкість;
 - номінальна робоча напруга до 690В (відповідно до норм МЭК і VDE) і 600В (відповідно до норм UL і CSA);
 - керування постійним струмом.

Технічні характеристики:

- тип: K03C-22;
- конструкція: 2 замикаючих + 2 розмикаючих контакти;
- номінальна напруга: 230..690 В;
- номінальний струм: 1...6 А;
- частота: 50/60 Гц;

Для захисту двигунів та модулів контролера від надструмів і випадання фази використовуємо проміжне реле перевантаження ПЕ 37-22 -220В (2з.2р.).

Компресор поршневий К-3

Поршневий компресор К-3 використовуються в будівельних, дорожніх та промислових підприємствах. Компресорні установки виготовляються на базі чотирьох-циліндрової двоступеневої головки С416М.



Рис. 3.8. Поршневий 4-циліндровий компресор

Технічні характеристики:

- тип – стаціонарний, промисловий;
- продуктивність – 2000 л/хв.;
- номінальний тиск – 10 атм (1,013 МПа);
- ресивер – 500 л;
- привід – $2 \times 11,0$ кВт;
- пневматика – присутня.

Нижче, в таблиці 3.1, наведена специфікація на засоби автоматизації.

Таблиця 3.1

Специфікація на засоби автоматизації

№ п/п	Позиція на ФСА	Технологічний параметр	Місце встановлення	Назва засобу та коротка технічна характеристика	Тип	К-сть
1	2	3	4	5	6	7
1.	2-2 3-3 4-3 5-2 5-5 5-8	Тиск	По місцю	Датчик тиску. Клас захисту IP 65-68. Точність 0,5 %. Вихідні сигнали 4 - 20 мА.	DMP 331	6
2.	3-1	Рівень	По місцю	Ультразвуковий рівнемір. Межа вимірювання сипучих тіл до 2м. Точність виміру $\pm 0,25\%$	KOBOLD NUS	1
3.	2-1 2-5 4-1 4-2	Температура	По місцю	Термоелектричний перетворювач. Захисна арматура з сталі 12X18H10T. Клас допуску 2.	ТПК(ХА)	4
4.	5-1	Струм	По місцю	Амперметр. Частота 45 - 1500 Гц. Границя на постійний і змінний струм 0,25 - 1 Ом.	Е 59	1
5.	1-2	Аналіз газу	По місцю	Газоаналізатор. Діапазон вимірювань 0-2%; 0-5%; 0-10% об. Вихідний сигнал по струму становить 0-20 мА	Власна конструкція	1
6.	2-3 3-2 4-4 5-3 5-6 5-9	Витрата	По місцю	Витратомір-лічильник. Клас точності 4. Об'ємна витрата до 3 м³/год.	Js 90-1,5NK	6

7.	2-6	Наявність полум'я	По місцю	Фотоелектричний сигналізатор полум'я. споживана потужність не більше 3,5 ВА	ФЭСП-2	1
----	-----	-------------------	----------	---	--------	---

3.3. Обґрунтування і вибір контролера

Упровадження АСКТП дозволяє ефективно керувати технологічними процесами. Як наслідок, централізовані системи керування дозволяють створювати більш складні системи керування, що підвищує вимоги до точності контролю та управління. Вимірювання ідеального режиму сушіння є основним завданням системи керування процесом сушіння.

Електронне обладнання, необхідне для управління певним процесом, називається системою автоматизованого управління. Вона може підтримувати всі частини, починаючи від заводських комп'ютерів і керуючих комп'ютерів, програмованих контролерів і елементів управління, таких як вимикачі, крокові двигуни, датчики та вентилі, які контролюють і керують механічними операціями.

Контролер «Реміконт Р-130» відноситься до категорії автоматизованих засобів, які не мають багато каналів. Завдяки своїй конструкції він дозволяє його гнучке встановлення, використовуючи щитовий або підвісний монтаж. Контролер може підтримувати до 32 входів/виходів. Він містить інтерфейсний канал послідовного зв'язку, а також обладнаний засобами зв'язку з об'єктом. На лицевій панелі знаходяться елементи керування, які дозволяють керувати різними сигналами та змінювати параметри.

«Реміконт Р-130» може керувати чотирма окремими контурами регулювання. Кожен з цих контурів може бути налаштований як каскадний або програмний, що надає додаткову гнучкість у керуванні процесами.

Алгоритми логічно керування також підтримуються контролером Р-130. Для великих автоматизованих систем керування технологічними процесами контролери Р-130 можна об'єднати за допомогою канал послідовного зв'язку у кільцеву мережу («транзит»). Одним із компонентів мережі повинен бути шлюз, який може бути підключений до персонального комп'ютера за допомогою інтерфейсу RS-232.

Ще одним прикладом сучасних засобів автоматизації є ПЛК «Мікконт-180», який виробляє ЗАТ «ТЕСС-Інжиніринг».

Переваги використання програмованих логічних контролерів:

- Гнучкість та масштабованість: Можливість швидкого переналаштування та розширення системи без значних витрат.
- Підвищена надійність: Зменшення людського фактора та підвищення точності керування процесами.
- Інтеграція з сучасними технологіями: Підтримка мережевих інтерфейсів для зв'язку з іншими системами та пристроями.
- Реальний час керування: Можливість моніторингу та керування процесами в режимі реального часу.

Автоматизація виробничих процесів за допомогою таких контролерів підвищує ефективність і надійність роботи обладнання, сприяє оптимізації ресурсів та забезпечує відповідність сучасним стандартам індустрії 4.0. Це особливо важливо в умовах зростаючої конкуренції та вимог до якості продукції.

Сучасні тенденції в автоматизації:

- Інтеграція з IoT: Використання Інтернету речей для підключення та управління різноманітними пристроями.
- Використання великих даних: Аналіз зібраної інформації для оптимізації процесів та прийняття рішень.

- Штучний інтелект та машинне навчання: Автоматичне налаштування систем та прогнозування можливих несправностей.

Завдяки впровадженню цих технологій, підприємства можуть підвищити свою продуктивність, зменшити витрати та забезпечити високий рівень якості продукції, що є ключовим фактором успіху на сучасному ринку.

Апаратна частина

Контролер має вісім входів, ізольованих від живлення, а також без гальванічної розв'язки. Вони призначені для перетворення уніфікованих струмових сигналів у цифрову форму — 0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА або напруги в діапазоні 0-10 В. Клемно-блочні з'єднувачі (КБЗ) мають перемикачі, які дозволяють вибрати правильний діапазон. Термопарні блоки посилення сигналів і резистивні датчики (БУТ і БУС) можуть бути безпосередніми перетворювачами фізичних величин. При впливі всіх дестабілізуючих факторів максимальна похибка аналого-цифрового перетворювача (АЦП) після калібрування становить 0,3%.

Ремікон-130 має 4 аналогові виходи уніфікованого струмового сигналу 4-20 мА. Ці виходи об'єднані в групу та відокремлені від живлення пристрою. Після калібрування цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП) має мінімальну похибку 0,5%. Загальне число дискретних входів і виходів складає 32. У більшості випадків це 16 цифрових входів і 16 цифрових виходів, але це співвідношення може бути змінено за потреби.

Контролер оснащений буквено-цифровим рідкокристалічним індикатором, який відображає поточні параметри керованого процесу, за допомогою 7 функціональних клавіш для оперативного управління, а також світлодіодними індикаторами для сигналізації аварійних ситуацій і помилок контурів регулювання. У контролері є годинник реального часу, який дозволяє прив'язати процес до часу.

Програмне забезпечення

Стандартне програмне забезпечення контролера дає можливість здійснювати керування чотирма незалежними контурами з окремими законами управління та аналоговим або цифровим виходом.

Ручний, програмний або зовнішній задавач можна активувати в окремому контурі і відображати на індикаторі поточні параметри технологічного процесу, такі як завдання, вхідний сигнал, неузгодженість, вихідний сигнал та помилки, що виникають в контурі. Вбудовані алгоритми динамічного та статичного балансування безперервно змінюють вид завдання та реконфігурують контур.

Алгоритми регуляторів (PID і PDD2), давачів (ручних або програмних), динамічних і статичних перетворювачів, аналого-цифрової та цифрової обробки є частиною «Реміконт Р-130».

Програмування полягає в тому, щоб підібрати алгоритми, які вам потрібні, з бібліотеки постійної пам'яті контролера, згрупувати їх у систему конфігурації, яку ви вибрали, і встановити необхідні параметри налаштування.

Мікроконтролер ADAM-4000

Мікроконтролер ADAM-4000 — це невеликий мікроконтролер, який призначений для логічного керування та автоматичного управління технологічними процесами в різних галузях промисловості. Він може виконувати каскадне, програмне, локальне та цифрове керування, а також вирішувати широкий спектр задач керування та регулювання.

Переваги ПЛК ADAM-4000:

- **Компактність:** невеликі габарити дозволяють встановлювати контролер в обмежених просторах.
- **Простота використання:** інтуїтивний інтерфейс і легкість налаштування.
- **Висока продуктивність:** здатність обробляти значні обсяги даних та виконувати складні алгоритми.

- Економічність: оптимальне співвідношення ціни та функціональності.
- Гнучкість монтажу: можливість встановлення в будь-якому місці з використанням різних способів кріплення.
- Масштабованість: можливість розширення архітектури.

3.4. Вибір модулів для керування технологічним процесом

Для визначення необхідних типів модулів та їх кількості було підраховано кількість вхідних/вихідних аналогових та дискретних сигналів, необхідних для керування даним технологічним процесом. На основі цього були обрані наступні модулі:

- модуль дискретного вводу ADAM-4050 -2 шт.;
- модуль аналогового вводу ADAM-4017 - 2 шт.;
- комутований інтерфейсний модуль ADAM-4500 – 1 шт.

Об'єднання модулів з реле дозволяє здійснювати управління та візуалізацію інтерфейсів високої напруги.

Впровадження контролерів серії ADAM-4000 в систему автоматизації забезпечує високу ефективність управління, покращує точність і надійність роботи обладнання, а також сприяє зниженню експлуатаційних витрат. Завдяки своїй гнучкості та масштабованості, ці контролери є оптимальним вибором для сучасних автоматизованих систем.

Модуль дискретного вводу-виводу ADAM-4050

Модуль ADAM-4050 є багатоканальним пристроєм дискретного вводу-виводу, який оснащений 7 цифровими входами та 8 виходами. Він має 20 гвинтових клем, що забезпечує зручність підключення та надійність з'єднань.



Рис. 3.9. Модуль ADAM-4050

Технічні характеристики модуля ADAM-4050:

- 16-розрядний АЦП;
- Вхідна напруга: 0..30 В;
- кількість вхідних каналів: 7 дискретних;
- кількість вихідних каналів: 8 типу відкритий колектор (30 В/30 мА);
- є можливість працювати з електронними реле.

Модуль аналогового вводу ADAM-4017

Модуль ADAM-4017 є 16-розрядним пристроєм, який забезпечує програмування вхідних діапазонів для кожного каналу окремо. Цей модуль є економічно вигідним та ефективним рішенням для збору та обробки аналогових сигналів у системах автоматизації.



Рис. 3.10. Модуль ADAM-4017

Технічна характеристика модуля ADAM-4017:

- 16-розрядний АЦП;
- кількість каналів: 6 диференціальних, 2 однополюсних;
- програмоване налаштування типу та діапазону вхідного сигналу:
 - по напрузі в мілівольтах – +150 мВ, +500 мВ;
 - по напрузі в вольтах – +1 В, +5 В, +10 В;
 - по струму – +20 мА;
 - гальванічна ізоляція – 5000 В пост. струму.

Комунікаційний контролер ADAM-4500

ADAM-4500—це комунікаційний контролер, призначений для зв'язку мікроконтролерних блоків вводу/виводу з комп'ютером. Він забезпечує надійну передачу даних та управління мережею модулів серії ADAM через інтерфейс RS-485.



Рис. 3.11. Комунікаційний контролер ADAM-4500

Технічні характеристики комунікаційного контролера ADAM-4500:

- процесор: 80188-40;
- пам'ять: флеш-ПЗП – 256 кбайт, ОЗП – 256 кбайт;
- операційна система: ROM-DOS;
- послідовні порти: COM1 та COM2 (COM1 – RS-232/RS-485, COM2 – RS-485 (завантаження програми));
- робоча температура: -10..+70°C;
- споживана потужність: 2 Вт.

3.5. Вибір компонентів для системи автоматизації

Для забезпечення нормальної роботи контролера та реалізації всіх необхідних функцій було обрано наступні модулі:

- П'ять 8-канальних модулів аналогового вводу ADAM-4017: для збору аналогових сигналів від різних датчиків та перетворювачів.
- Один модуль ADAM-4024: для керування аналоговими виконавчими механізмами.

- Один модуль ADAM-4050: для обробки дискретних сигналів від датчиків та керування дискретними пристроями.
- Один модуль ADAM-4056S: для керування дискретними виконавчими механізмами з підвищеною потужністю.
- Комунікаційний контролер ADAM-4500: для інтеграції всієї системи та забезпечення зв'язку з комп'ютером.

Всі ці модулі з'єднуються між собою через інтерфейс RS-485, що забезпечує надійний та швидкий обмін даними (рис. 3.12).

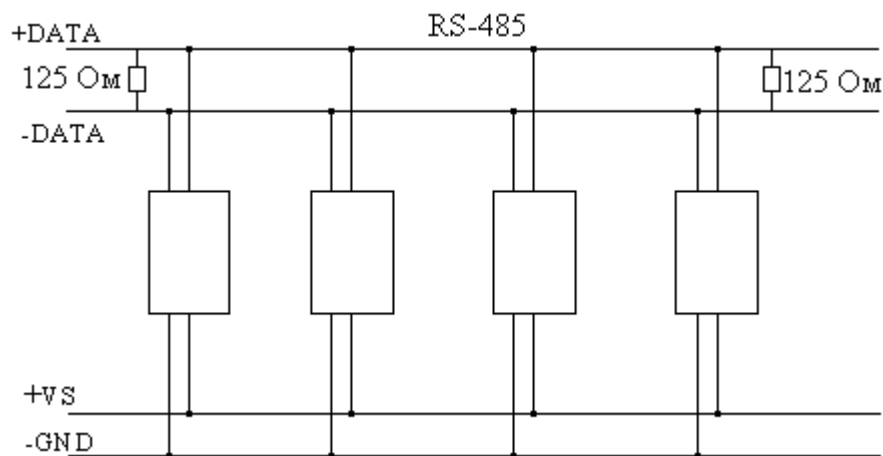


Рис. 3.12. Схема підключення модулів

Модулі ADAM є інтелектуальними пристроями, які забезпечують інтерфейс між датчиками та контролером. Вони виконують такі функції:

- Узгодження сигналів: адаптація сигналів датчиків до рівнів, які може обробляти контролер.
- Ізоляція: електричне розділення вхідних сигналів від логічної частини для захисту системи від перенапруг та шумів.
- Перетворення діапазонів: підтримка різних типів вхідних та вихідних сигналів.
- Аналого-цифрове та цифро-аналогове перетворення: забезпечення точного перетворення сигналів для подальшої обробки.

- Цифрова передача даних: швидкий та надійний обмін інформацією через інтерфейс RS-485.

Для узгодження інтерфейсів RS-485 та RS-232, які використовується в комп'ютері, обрано комунікаційний контролер ADAM-4500. Він забезпечує конвертацію сигналів між цими інтерфейсами та дозволяє підключити систему модулів ADAM до стандартного порту комп'ютера.

Компоненти, необхідні для працездатності системи:

- Модулі ADAM: виконують основні функції збору та обробки сигналів.
- Системний комп'ютер: забезпечує управління системою та обробку даних.
- Блок живлення: постачає необхідну напругу та струм для роботи модулів та виконавчих механізмів.

Модулі ADAM розраховані на роботу від стандартного промислового джерела живлення з напругою 24 В. Здійснимо розрахунок необхідний струм для живлення всієї системи.

Споживана потужність модулів:

- ADAM-4017: 1,2 Вт (на один модуль).
- ADAM-4050: 0,8 Вт.
- ADAM-4500: 1,4 Вт.

Загальна споживана потужність:

$$P = 1,2 \cdot 2 + 0,8 + 1,4 = 4,6 \text{ (Вт)}.$$

Отже, необхідний струм для модулів:

$$I = 4,6 / 24 = 0,192 \text{ (А)}.$$

Споживання електродвигунів насосів:

- Струм одного насоса: 0,15 А.
- Кількість насосів: 7.

Загальний струм насосів: $I = 0,15 \cdot 7 = 1,05 \text{ (А)}$

Загальний необхідний струм для системи: $I = 1,05 + 0,192 = 1,24$ (А).

Таким чином, для забезпечення надійної роботи та з урахуванням можливих пікових навантажень вибираємо блок живлення PWR-243 з напругою 24 В та максимальним струмом 3 А (рис. 3.13).



Рис. 3.13. Блок живлення PWR-243

Переваги використання модулів ADAM

- Гнучкість системи: легка масштабованість та можливість додавання нових модулів без значних змін в архітектурі.
- Висока завадостійкість: інтерфейс RS-485 та ізоляція входів/виходів забезпечують надійну роботу в умовах промислових перешкод.
- Простота інтеграції: використання стандартних протоколів зв'язку та підтримка різних інтерфейсів.
- Економічність: оптимальне співвідношення ціни та функціональності.

При проектуванні системи автоматизації були враховані всі необхідні вимоги щодо точності, надійності та гнучкості. Використання модулів серії ADAM дозволило створити ефективну та масштабовану систему керування технологічним процесом. Обрані компоненти забезпечують оптимальне управління технологічним процесом з урахуванням техніко-економічних аспектів, а також вимог з охорони праці та захисту навколишнього середовища.

Додаткові можливості системи:

- Моніторинг в реальному часі: оперативний контроль параметрів процесу та швидке реагування на відхилення.
- Віддалене управління: можливість керування та налаштування системи з віддаленого комп'ютера через мережу.
- Збереження даних: запис історії процесів для подальшого аналізу та оптимізації.

Таким чином, правильно підібрані компоненти та продумана архітектура системи автоматизації дозволять забезпечити стабільну та ефективну роботу технологічного процесу, а також створять основу для подальшого розвитку та модернізації виробництва.

3.6. Опис принципової електричної схеми

Після вибору технічних засобів автоматизації та мікропроцесорних засобів керування, відповідно до функціональної схеми, специфікації ТЗА і вибраних блоків живлення складаємо опишемо електричну схему з'єднань давачів з блоками та модулями мікроконтролера.

Для даного технологічного процесу, для під'єднання давачів та забезпечення функціонування було вибрано модулі мікроконтролеру фірми Advantech, ADAM 4000 серії. Для керування даною технологічною лінією використано один програмований комутаційний модуль: ADAM-4500 до якого під'єднані функціональні модулі вводу-виводу (рис. 3.14):

- модуль ADAM-4050 -2 шт.;
- модуль ADAM-4017 - 2 шт.;
- комутований інтерфейсний модуль ADAM-4500 – 1 шт.

Комутований програмуєчий блок ADAM-4500 розроблений для роботи із спеціалізованими блоками живлення +24В. До блоку живлення подається напруга змінного струму від загальної мережі ~220..230В. Програмування

здійснюється за допомогою інтерфейсу RS232, який перетворюється в RS485 за допомогою цього ж програмованого блоку.

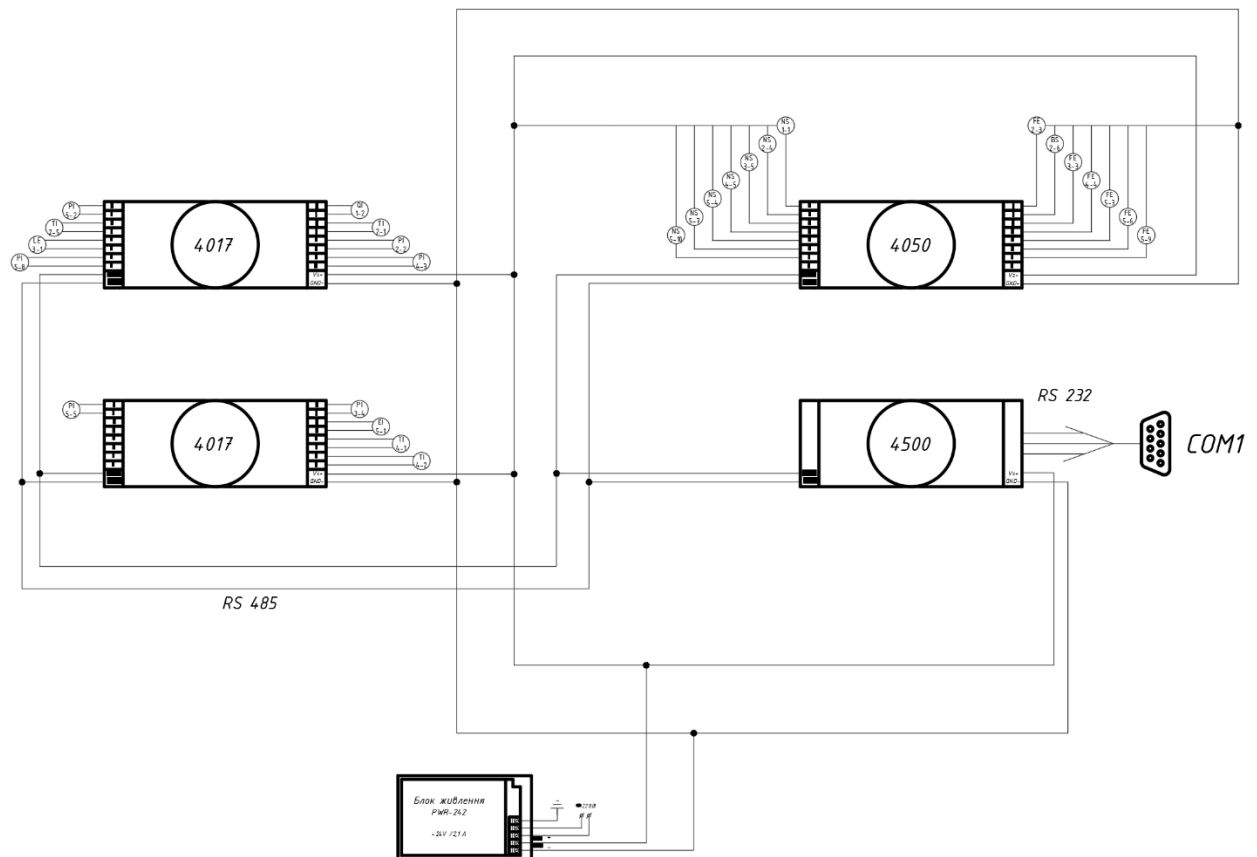


Рис. 3.14. Принципова електрична схема підключень модулів ADAM

Для під'єднання датчиків з уніфікованим вихідним сигналом по силі струму підключено до блоків аналогового вводу ADAM-4017.

До першого модуля мікроконтролера ADAM-4017 підключено перетворювачі тиску PE(2-2), PE(4-3), PE(5-2), PE(5-8), термоперетворювачі TE(2-1), TE(2-5) та газоаналізатор QE(1-2).

До другого модуля мікроконтролера ADAM-4017 підключено перетворювачі тиску PE(3-2), PE(5-5), термоперетворювачі TE(4-1), TE(5-1) та датчик вимірювання зміни струму та напруги EE(5-1).

До контактів вводу модуля мікроконтролера ADAM-4050 підключено датчики витрати FE(2-3), FE(3-3), FE(4-4), FE(5-3), FE(5-6) та FE(5-9), а також фотоелектричний сигналізатор полум'я. До контактів виводу даного модуля

підключено електромагнітні пускачі NS(1-1), NS(2-4), NS(3-5), NS(4-5), NS(5-4), NS(5-7) та NS(5-10).

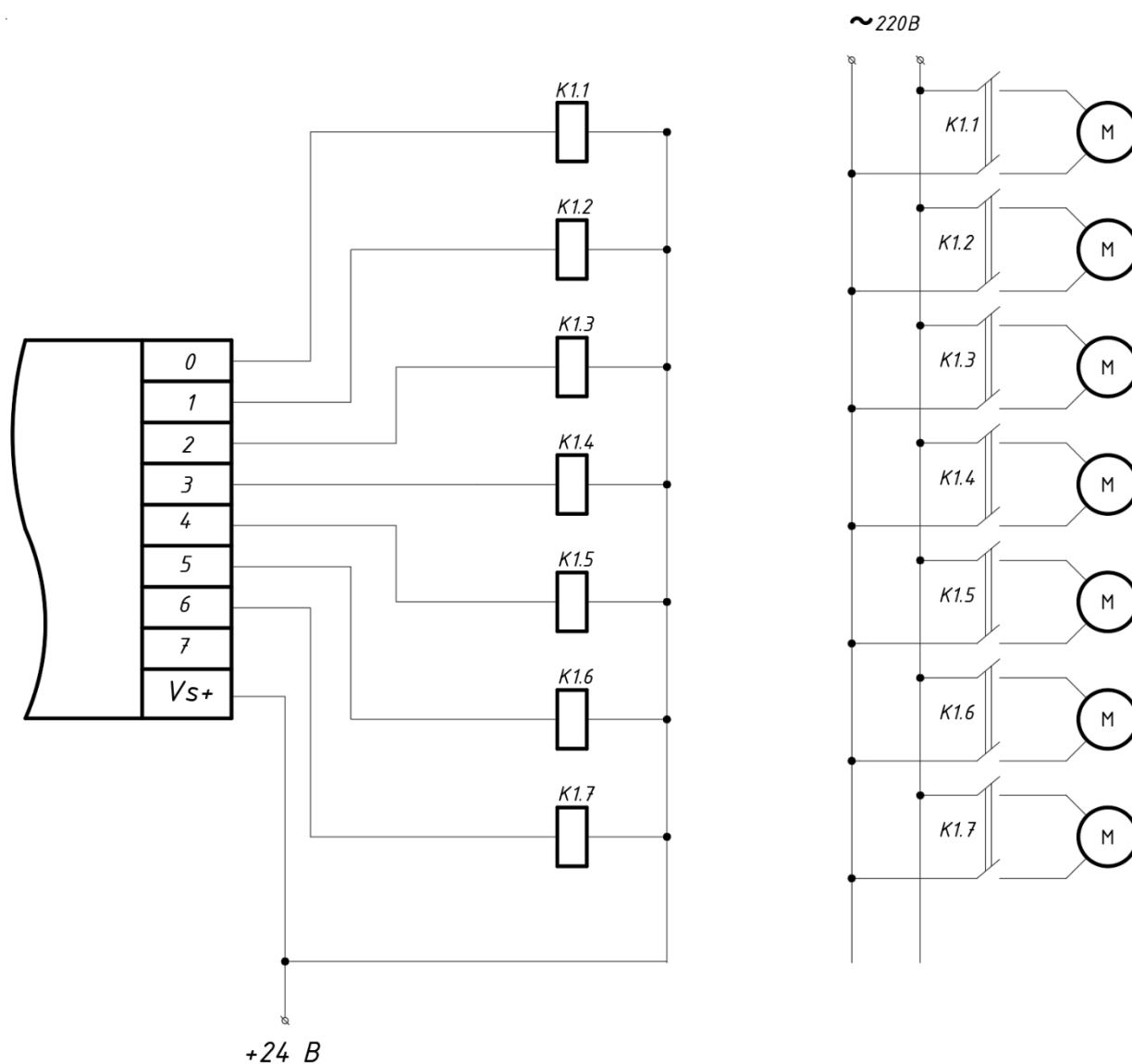


Рис. 3.15. Схема з'єднань

Програмований блок мікроконтролера підключено до стандартного промислового блока живлення фірми Advantech PWR-243.

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок передатної функції

Здійснимо розрахунок системи автоматичного регулювання (САР) за допомогою контуру регулювання температури зовнішніх поверхонь ствола. У автономній системі охолодження є насос, який забезпечує циркуляцію охолоджувальної рідини. Зовнішні поверхні ствола мають температуру 60-80°C. Зміна продуктивності циркуляційного насоса змінює температуру зовнішніх поверхонь ствола.

Температура поверхонь ствола прямо залежить від подачі охолоджувальної рідини. Таким чином керування здійснюється за допомогою замкненої схеми. Значення температури зовнішніх поверхонь ствола подається на вхід системи, а значення зовнішніх поверхонь ствола видається на виході системи. Коли значення наявної температури віднімається, ми отримуємо величину розузгодження. Базуючись на цій величині регулятор вирішує, збільшити чи зменшити величину сигналу управління на циркуляційному насосі.

Сигнал розузгодження збільшує додачу до базової на циркуляційному насосі, збільшуючи або зменшуючи подачу теплоносія. Це відбувається, коли поточне значення температури відхиляється від заданого. На виході формується обчислений показник температури на основі цього рівня, який є заданим для об'єкту керування. Даний регулюючий контур дає можливість регулювати відхилення отриманої температури від заданої, що можуть виникнути через зміни температури охолоджувальної рідини або температури зовнішніх поверхонь ствола.

На основі викладеного вище можна показати функціональну схему САР (рис. 4.1).

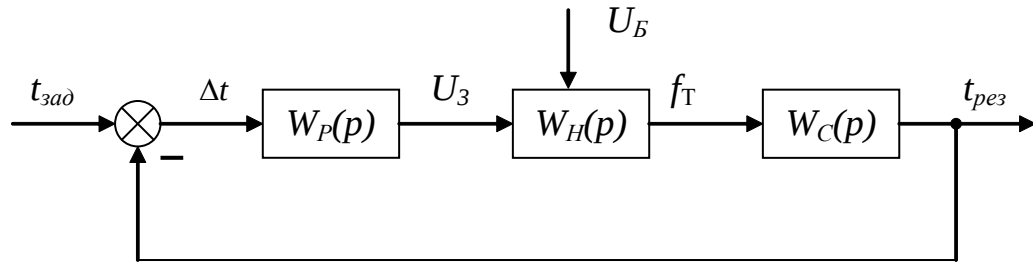


Рис. 4.1. Функціональна схема САР контролю температури зовнішніх поверхонь ствола

Температура розузгодження прямо пропорційна задаючому сигналу клапана. Іншими словами, коли температура зовнішніх поверхонь ствола падає відносно заданого рівня, отримується додатковий сигнал розузгодження, що призводить до збільшення задаючої напруги на циркуляційному насосі:

$$U_3 = k_p \cdot \Delta t$$

$$W_P(p) = \frac{U(p)}{T(p)} = k_1$$

Вхідним параметром циркуляційного насосу є величина задаючого сигналу, а потік охолоджувальної рідини є вихідним параметром. У цьому випадку циркуляційний насос можна розглядати як сума двигуна та потоку охолоджувальної рідини, що проходить через нього, тобто $W_H(p) = W_{дв}(p) \cdot W_T(p)$.

Система рівнянь, яка описує стан двигуна, включає струм обмотки двигуна, індуктивність і опір обмотки двигуна, кутову швидкість двигуна, приведений момент інерції всіх рухомих частин двигуна, момент руху двигуна, коефіцієнт

$$\begin{cases} U_{\partial} = iR + L \frac{di}{dt} + k_{\omega} \omega \\ J \frac{d\omega}{dt} = M_p - M_o \\ M_p = k_p \cdot i \\ M_o = k_o \cdot \omega \end{cases}$$

перетворення струму в момент руху, момент опору та коефіцієнт швидкісного тертя. Починаючи з заміни, ми перетворимо цю систему рівнянь:

Після перетворення рівнянь стану двигуна ми можемо записати його передаточну функцію, використовуючи Лапласову частоту вихідного сигналу та вхідну напругу, щоб порівняти їх:

$$\begin{aligned}
 Jp\omega &= k_{\partial}i - k_o\omega, \\
 i &= \frac{1}{k_{\partial}}(Jp\omega + k_o\omega) = \frac{\omega}{k_{\partial}}(Jp + k_o), \\
 U &= \frac{R}{k_{\partial}}\omega(Jp + k_o) + \frac{L}{k_{\partial}}p\omega(Jp + k_o) + k_{\omega}\omega = \\
 &= \omega \left(\frac{R}{k_{\partial}}(Jp + k_o) + \frac{L}{k_{\partial}}p(Jp + k_o) + k_{\omega} \right), \\
 \omega &= p\varphi.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\partial\phi}(p) &= \frac{\Omega(p)}{U(p)} = \frac{k_2}{T_1p^2 + T_2p + 1}; \\
 k_2 &= \frac{k_p}{Rk_o + k_{\omega}k_p}; T_1 = \frac{LJ}{Rk_o + k_{\omega}k_p}; T_2 = \frac{LR + Lk_o}{Rk_o + k_{\omega}k_p}.
 \end{aligned}$$

Змінюючи частоту обертання валу, двигун впливає на потік охолоджувальної рідини, що проходить через насос. Подача охолоджувальної рідини збільшується чи зменшується відповідно до зміни частоти обертання валу двигуна. В межах регулювання залежність тут є близькою до прямої. Таким чином, наступне рівняння описує витратний канал:

$$T_{\omega} \cdot \frac{df_T}{dt} + f_T = k_{\omega} \cdot \omega$$

де k_{ω} — коефіцієнт залежності потоку охолоджувальної рідини від частоти обертання валу двигуна в усталеному режимі; і T — час реакції потоку теплоносія на зміну частоти обертання валу двигуна.

Змінивши параметри T на T_3 і k на k_3 , можна отримати остаточну функцію витрати охолоджувальної рідини. Крім того, можна порівняти зображення по Лапласу вихідного сигналу з зображенням по Лапласу вхідного сигналу.:

$$W_{KAN}(p) = \frac{F(p)}{\Omega(p)} = \frac{k_3}{T_3 p + 1}$$

Наразі ствол є об'єктом керування. У усталеному режимі температура зовнішніх поверхонь ствола прямо залежить від витрати охолоджувальної рідини, тоді як у динамічному режимі інерційність системи враховується:

$$T_T \frac{dT}{dt} + T = k_T \cdot f_T$$

де T_T — час реакції температури зовнішніх поверхонь ствола на зміну потоку охолоджувальної рідини, а k_T — коефіцієнт залежності температури зовнішніх поверхонь ствола від потоку охолоджувальної рідини в усталеному режимі.

$$W(p) = \frac{k_0}{(T_1 p^2 + T_2 p + 1)(T_3 p + 1)(T_4 p + 1)}$$

або

$$W(p) = \frac{k_0}{T_{40} p^4 + T_{30} p^3 + T_{20} p^2 + T_{10} p + 1}$$

$$T_{40} = T_1 T_3 T_4;$$

$$T_{30} = T_2 T_3 T_4 + T_1 (T_3 + T_4);$$

$$T_{20} = T_3 T_4 + T_2 (T_3 + T_4) + T_1;$$

$$T_{10} = T_2 + T_3 + T_4.$$

У результаті перепозначення $k_T=k_4$, $T_T=T_4$, а також відношення між зображенням по Лапласу вихідного сигналу та зображенням по Лапласу вхідного сигналу отримуємо передаточну функцію такого типу:

За допомогою знайдених виразів ми можемо знайти розімкнену передаточну функцію системи автоматичного регулювання температури зовнішніх поверхонь ствола. Так записується передаточна функція замкненої системи після заміни.

Підставивши цей вираз і значення передаточної функції ланки зворотного зв'язку, можна отримати передаточну функцію замкненої АСР:

$$W_z(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p) \cdot W_{zz}(p)}.$$

Параметри розрахунку автоматичної системи регулювання наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Дані для розрахунку автоматичної системи керування

Назва параметру	Позначення параметру	Значення параметру
Пропорційний регулятор		
Коефіцієнт перетворення розузгодження температури в сигнал керування	K_p	1,46 В/°С
Циркуляційний насос		
Індуктивність в обмотці двигуна	L	0,054 Ом·с
Опір в обмотці двигуна	R	1,9 Ом
Приведений момент інерції рухомих частин (з навантаженням)	J	0,5 кг·м ²
Коефіцієнт перетворення струму в момент руху	k_p	$7,4 \cdot 10^{-2}$ Н·м/А
Коефіцієнт швидкісного тертя (з урахуванням навантаження)	k_o	0,048 Н·м·с
Добуток коефіцієнта перетворення напруги в швидкість та коефіцієнта редукції	k_ω	1,5 В·с
Коефіцієнт залежності потоку теплоносія від частоти обертання валу двигуна	K_ω	$8,42 \cdot 10^{-4}$ м ³
Стала часу реакції потоку теплоносія на зміну частоти обертання валу двигуна	T_ω	0,28 с
Ствол		
Стала часу реакції температури зовнішніх поверхонь ствола від потоку охолоджувальної рідини	T_T	1,15 с
Коефіцієнт залежності температури зовнішніх поверхонь ствола від потоку охолоджувальної рідини	k_T	$7 \cdot 10^2$ °С·с/м ³

За допомогою встановлених значень можемо розрахувати коефіцієнти та сталі часу передаточних функцій системи автоматичного регулювання температури зовнішніх поверхонь ствола:

$$T_{40}p^4 + T_{30}p^3 + T_{20}p^2 + T_{10}p + 1 = 0$$

4.2. Визначення стійкості системи

З метою отримання АФХ розімкненої системи ми підставимо значення всіх параметрів АСР від 0 до ∞ .

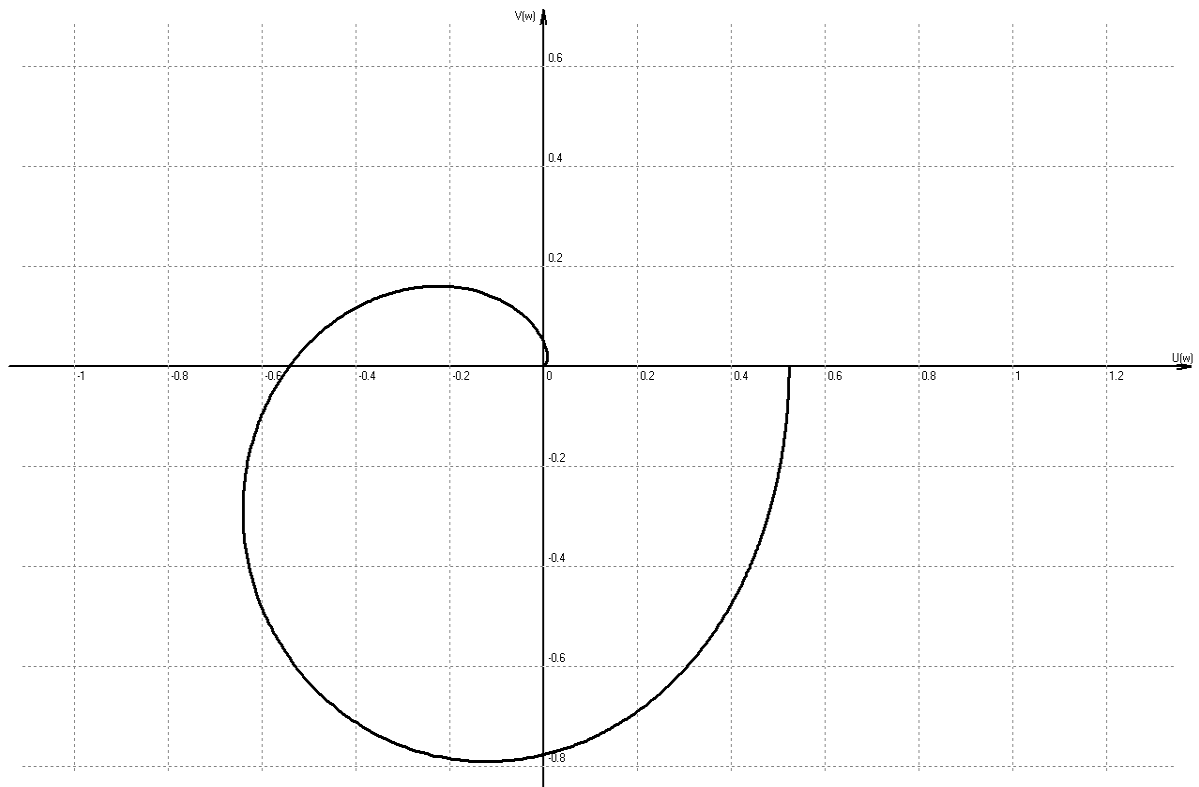


Рисунок 4.2 Амплітудно-фазова характеристика SARS

Оскільки АФХ не охоплює точку $(-1;j0)$, як показано на рис. 4.2, дана система автоматичного регулювання є стійкою у замкненому стані. Для створення годографа Михайлова на комплексній площині ми вказуємо дійсну частину характеристичного поліному через i уявну частину – через. Потім ми змінюємо значення від 0 до ∞ (рис. 4.3).

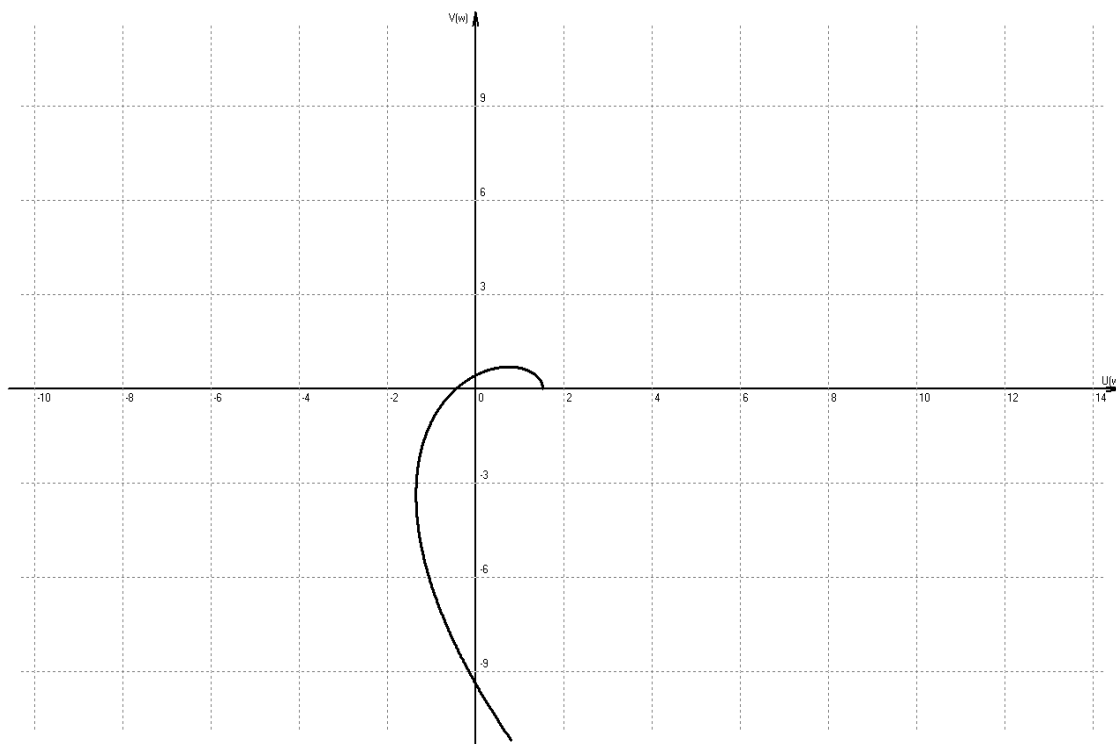


Рис. 4.3. Годограф Михайлова

Оскільки він проходить послідовно проти годинникової стрілки через чотири квадранти при ступені характеристичного поліном рівному чотирьом, годограф Михайлова підтверджує стійкість АСР. Дійсна частина збільшується до $-\infty$, а уявна частина зменшується до ∞ .

Побудуємо часткові ЛФХ змінюючи значення від 0 до ∞ по логарифмічній шкалі. Окремі ЛФХ можна сумувати алгебраїчно, щоб отримати повну логарифмічно-фазову характеристику системи (рис. 4.4).

Згідно з рис. 4.4, можна також зробити висновок, що розрахована АСР є стійкою.

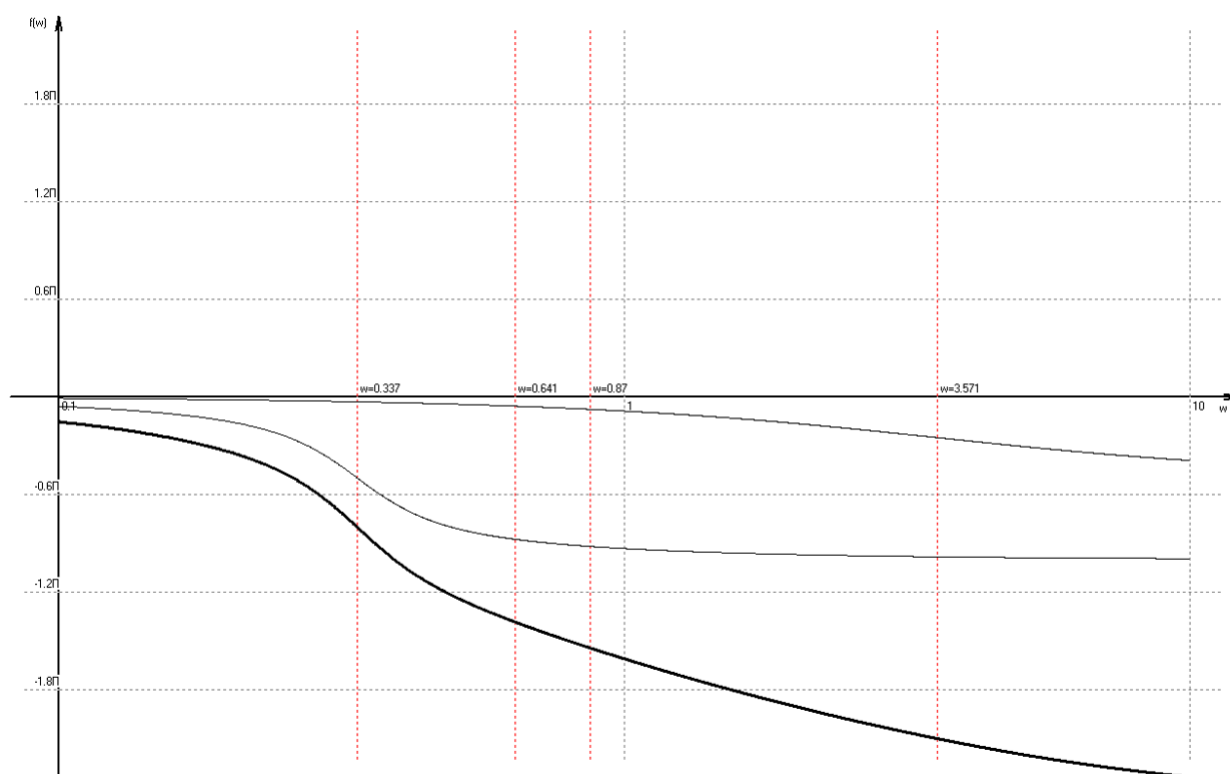


Рис. 4.4. Логарифмічна фазо-частотна характеристика CAP

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1. Розробка алгоритму роботи контролера

Нижче наведено опис алгоритму системи керування, який використовується для відображення механізму управління технологічним процесом. Алгоритм, представлений тут, показує лише один цикл функціонування операцій технологічного процесу, який здійснюється в автоматичному режимі, без втручання оператора.

Пуск стенду, ввімкнення живлення до шафи управління та промислового обладнання, а також перевірка працездатності всіх компонентів виконуються оператором. Пульти керування та SCADA-система керують лінією.

Перед запуском SCADA-системи вручну подається живлення до щита керування.

Після завантаження SCADA-системи, оператором виконується запуск системи та підготовка до проведення технологічної операції. Після чого подається сигнал до відповідних пускачів для включення живлення насосів відповідних контурів. Після того, як оператором натискається кнопка «СТАРТ», відбувається надходження суміші пропан-бутану, транспортуючого азоту та кисню у відповідні контури, за допомогою насосів. При подачі даних компонентів, здійснюється перевірка датчиків, для регулювання тиску в контурі та датчиків витрати для керування кількістю компонентів запальної суміші. Після того як значення витрати відповідне заданому, виключаються насоси подачі компонентів суміші та виконується дозування порошку до камери згоряння. В процесі функціонування програми постійно виконується сканування датчика рівня в бункері з порошком. На рис. 5.1 наведено алгоритм роботи програми.

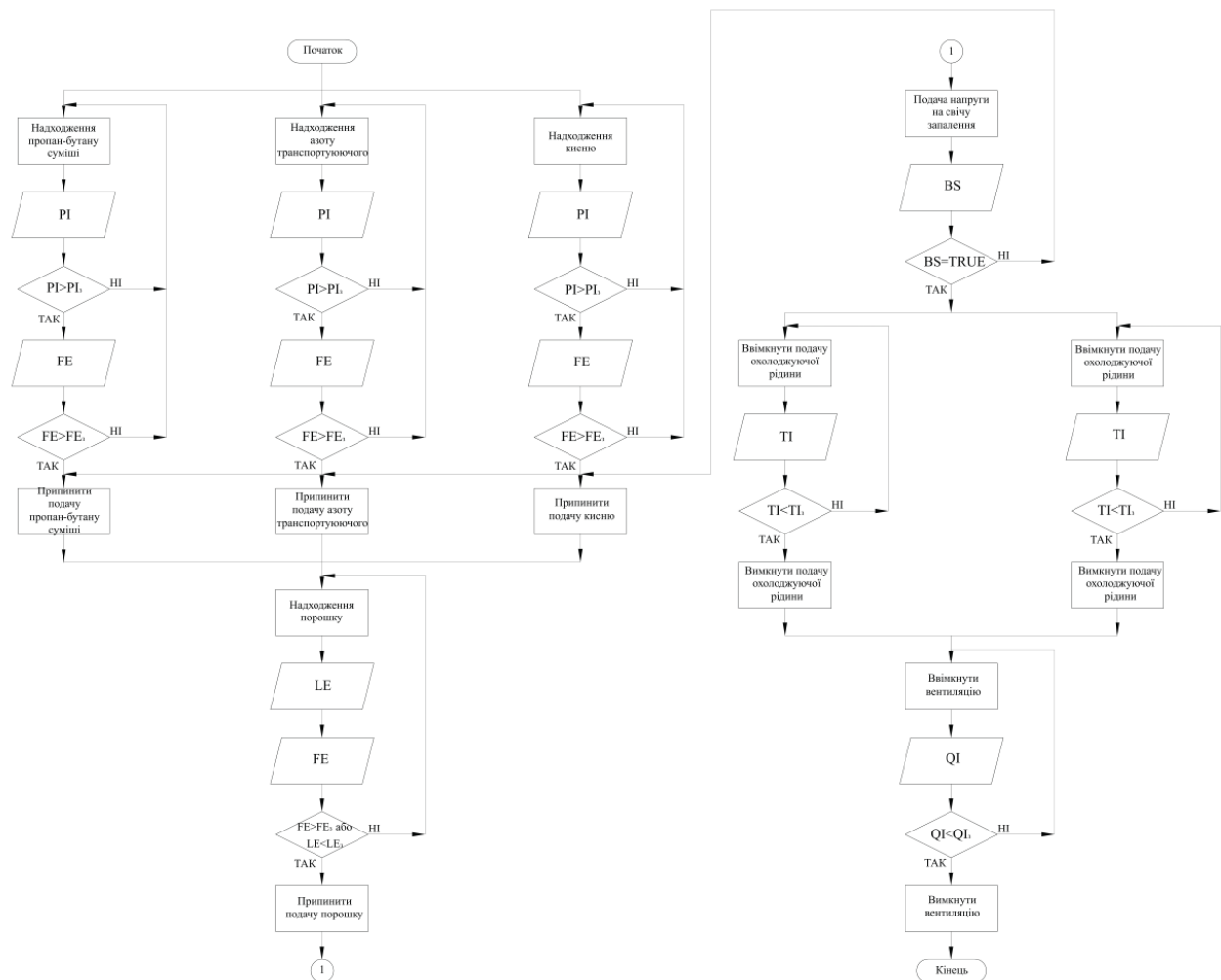


Рис. 5.1. Алгоритм роботи системи керування

При дозуванні здійснюється сканування витратомірного давача, і як тільки значення досягає заданого, на свічку запалення подається напруга для утворення іскри. В той же час давачем наявності полум'я перевіряється його наявність в камері запалення. Якщо значення хибне, перевіряється перекриття вентилів подачі запальної суміші та кількості порошку до камери запалення. У випадку, якщо значення істинне – надсилається сигнал на включення насосів для подачі тосол-водної суміші для охолодження ствола гармати та включається вентиляція.

В процесі охолодження виконується опитування термодатчиків, і як тільки значення температури досягає відповідного – подається сигнал для припинення охолодження. В процесі роботи системи вентиляції виконується

опитування газоаналізатора. Як тільки його значення стає відповідне нормально заданому, подається сигнал для вимкнення системи вентиляції.

5.2. Розробка програми керування

Програма для функціонування контролера створена у середовищі ADAMView. На рис. 5.2 наведено програму функціонування контролера.

Для дозування пропан-бутан суміші використовуються давач тиску PE(5-3) та витратомірний давач FE(5-5). Встановлюємо блок дискретного виводу DO1, до якого підключаємо пусковий пристрій NS(5-7).

Для дозування транспортуючого азоту використовуємо два аналогових блоки вводу AI3, AI4, до яких підключаємо давач тиску PE(6-3) та витратомірний давач FE(6-5). Встановлюємо блок дискретного виводу DO2, до якого підключаємо пусковий пристрій NS(6-7).

Для аналізу рівня порошку та його подачі до камери підключаємо давач рівня LE(3-1), давач тиску PE(4-3) та давач витрати FE(4-1). Встановлюємо два блоки DO4, до якого підключаємо пусковий пристрій NS(4-5) та DO5, до якого підключаємо світловий сигналізатор.

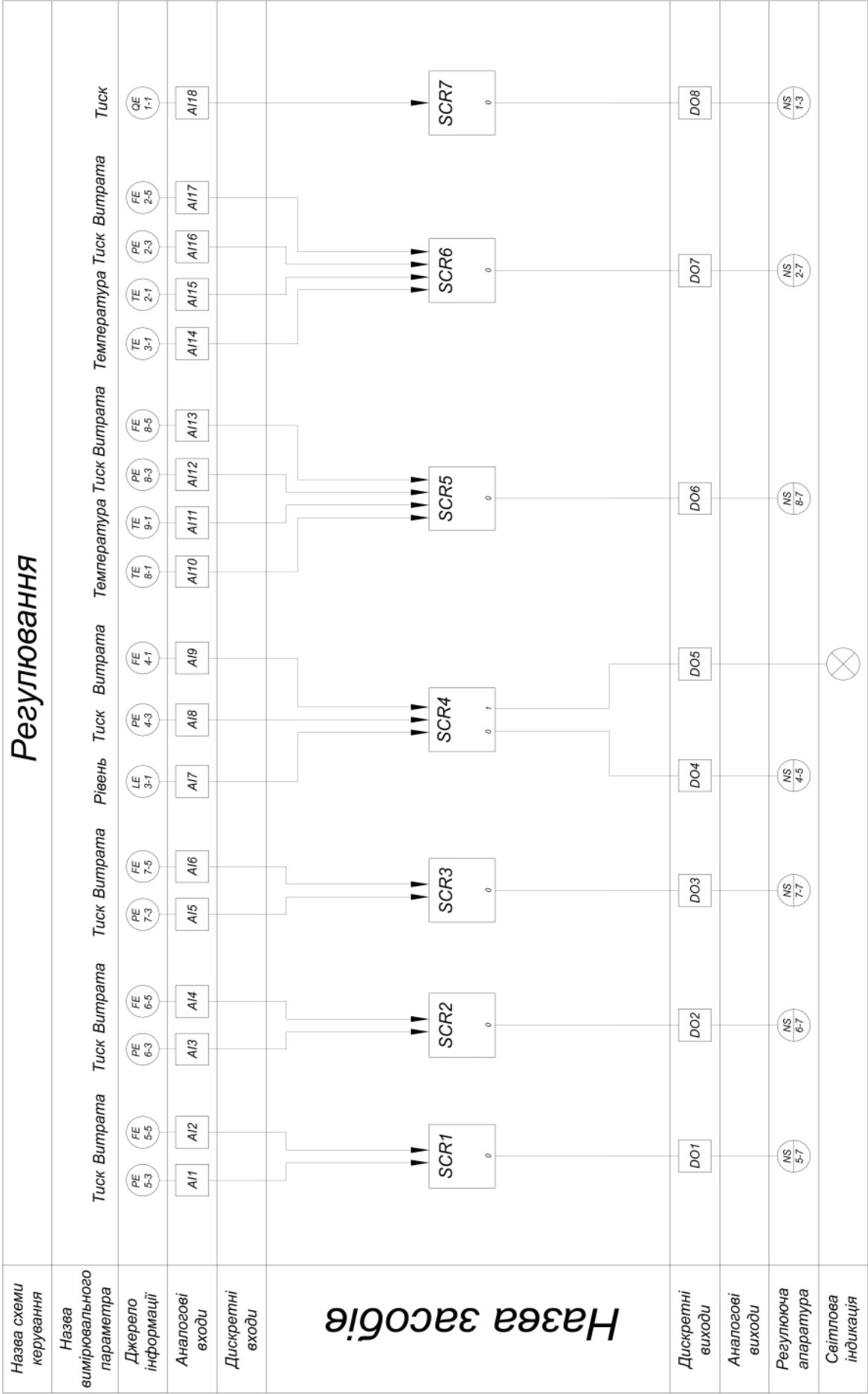


Рис. 5.2. Програма функціонування контролера

Для аналізу температурного режиму та функціонування системи охолодження під'єднуємо давачі температури: TE(8-1), TE(9-1), TE(3-1), TE(2-1); давачі тиску PE(8-3), PE(2-3) та давачі витрати FE(8-5), FE(2-5).

5.3. Розробка стратегії управління процесом на базі SCADA-системи GENESIS 32

Для створення програми керування технологічним процесом згоряння вибухової суміші використовуємо SCADA-систему «Genesis 32».

GENESIS32 містить наступні додатки:

- GraphWorX 32;
- TrendWorX 32;
- AlarmWorX 32;

GENESIS32 також містить середовище розробки сценарних процедур VBA Scripting.

Графічні мнемосхеми автоматизованих робочих місць оператора називаються екранними формами, розробляються за допомогою GraphWorX 32 і зберігаються у файлах екранних форм з розширення *.GDF. GraphWorX 32 є інструментальним засобом, призначеним для візуалізації контрольованих технологічних.

Виробники апаратних засобів, користуючись специфікацією OPC мають можливість розробляти один єдиний сервер OPC для забезпечення одного та найбільш загального способу організації доступу до даних та передачі в адрес додатків клієнтів різноманітних виробників програмного забезпечення для промислової автоматизації. Для обміну даними з додатками клієнтами, розробка яких ведеться на мовах типу MS Visual Basic, а також з такими додатками як Excel, специфікація OPC містить додаткові (але не обов'язкові для реалізації) вимоги до інтерфейсу OLE автоматизації.

При використанні традиційних підходів до побудови систем обробки даних та керування кожний клієнтський додаток взаємодіє з пристроями різноманітних типів через окремі драйвери.

Згідно зі специфікацією OPC доступу до поточних даних пристроїв (OPC Data Access) різні пристрої та додатки різноманітних виробників обмінюються даними один з одним з використанням єдиного універсального програмного протоколу. Драйвери пристроїв, що відповідають специфікації OPC носять назву OPC сервера, а додатки, які отримують доступ до даних пристроїв через інтерфейси OPC – OPC клієнтами. В результаті декілька OPC клієнтів мають можливість отримати доступ до даних пристроїв через один або декілька OPC серверів одночасно.

OS9OPC-сервер.

Цей OPC-сервер дозволяє організувати обмін даними між OPC-клієнтами, що працюють на комп'ютері під керуванням Windows NT, і програмами, що працюють під керуванням OS-9 у контролері, підключеному до цього комп'ютера через Ethernet. Для організації такого обміну в контролер завантажується додаткова бібліотека, що надає додаткам OS-9 зручний API для збереження даних. Ця ж бібліотека здійснює відправлення даних по мережі, тому додаткам OS-9 не потрібно організовувати обмін по мережі самостійно. Цей OPC-сервер особливо актуальний тому, що OS-9 не містить у собі підтримку COM/DCOM, і middleware OPC-сервери – єдиний спосіб додати додаткам OS-9 функціональність OPC.

ISaNOPC-сервер.

Цей OPC-сервер призначений для організації взаємодії OPC-клієнтів і контролерів, що працюють під керуванням програм ISaGRAF 3.3x. Організація взаємодії здійснюється по Ethernet через модуль ISaNet, стандартний для системи ISaGRAF.

InDDEOPC-сервер.

Цей OPC-сервер призначений для одержання даних від IndustrialSQL 7.1. IndustrialSQL може поставляти поточні значення своїх змінних або по протоколу SuiteLink, або через DDE. Перший з цих протоколів є know-how фірми Wonderware, так що одержати дані через SuiteLink може тільки клієнт, розроблений фірмою Wonderware. А DDE дуже повільно працює, коли клієнт і сервер працюють на різних комп'ютерах. Тому InDDEOPC-сервер є дуже гарним рішенням, коли клієнт не може одержувати дані ні по SuiteLink, ні по DDE, так як швидкість роботи DDE занадто низка.

При розробці даної SCADA-системи було використано OPC сервер, який входить до поставки програмного продукту GENESIS 32.

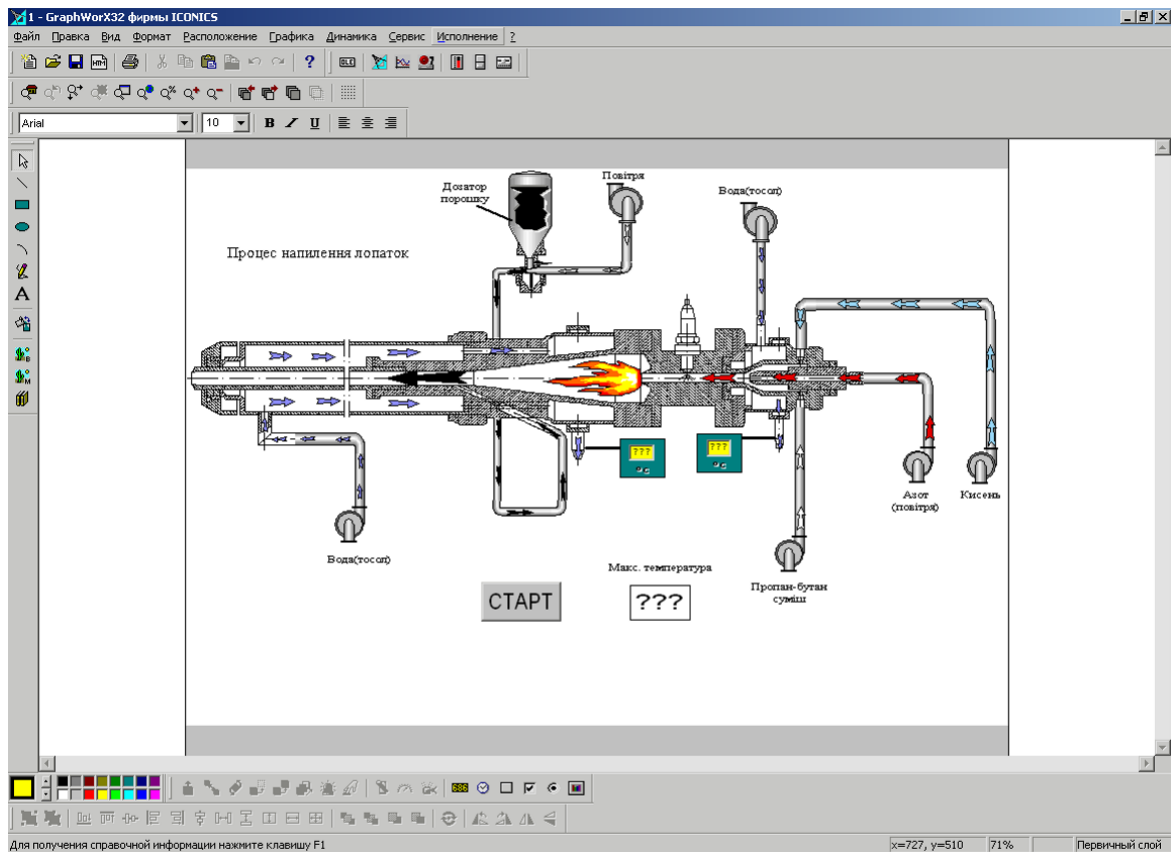


Рис. 5.3. Загальний вигляд панелі керування технологічним процесом наповнення лопаток в SCADA-системі „Genesis 32” в режимі Розробки

При натисканні на кнопку “СТАРТ” відбувається процес заповнення камери згоряння сумішшю газів. Далі подається порошок для напилення. На свічку запалення подається струм, виникає іскра, яка підпалює суміш газів.

Під час вибуху різко збільшується температура поверхні ствола, тому включаються насоси, які подають охолоджуючу рідину (вода/тосол). Підтримка температури відбувається в межах 60-80 °С. Під час проходження технологічного процесу є можливість змінити значення максимальної температури поверхні ствола. Для цього оператор використовує поле вводу значень з клавіатури. У випадку введення значення, яке перевищує допустиме виникає попередження про помилку.

Таким чином, використання SCADA-системи дозволяє слідкувати за технологічним процесом напилення лопаток, а також корегувати технологічні параметри в залежності від ситуацій, виникають на виробництві.

Стадії проходження техпроцесу напилення лопаток у вигляді копій екранів монітора оператора наведено на рис. 5.4-5.7.

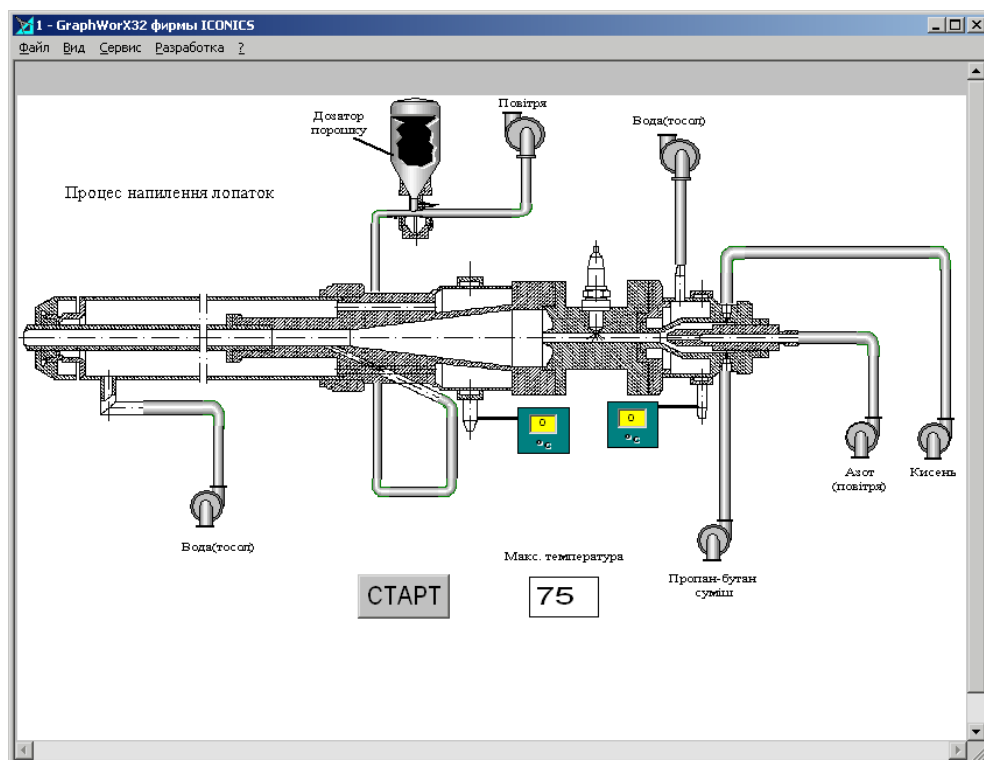


Рис. 5.4. Вигляд панелі керування оператора

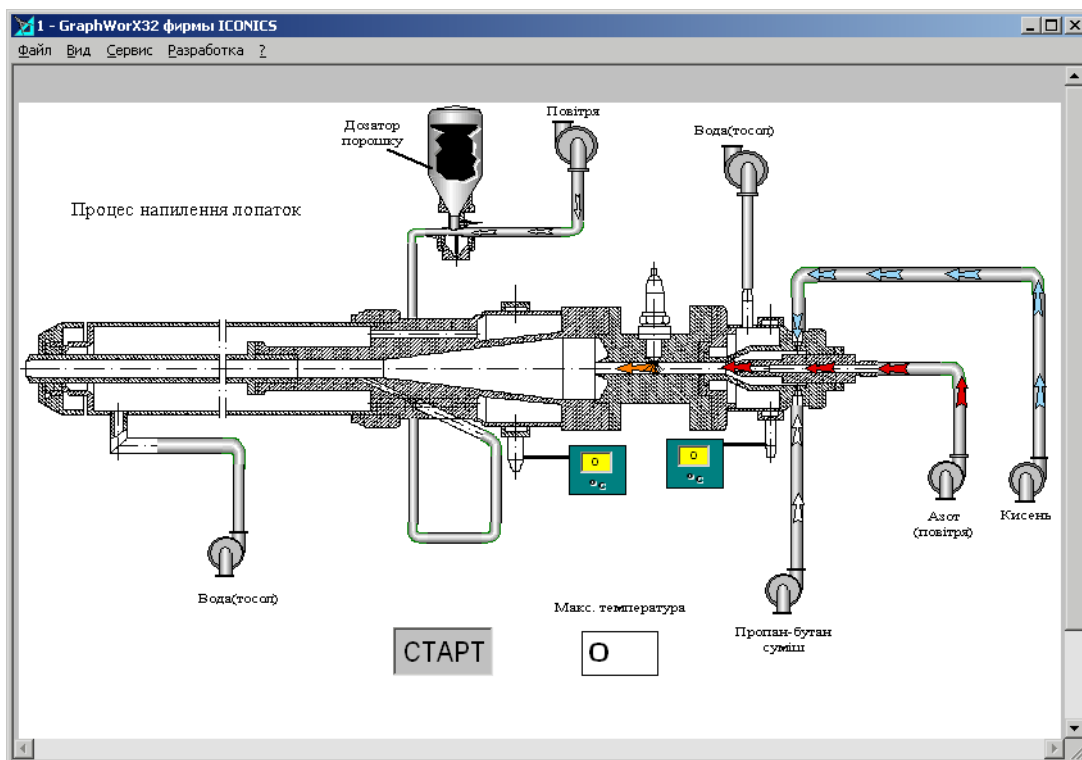


Рис. 5.5. Подача рабочих газов до камери згоряння

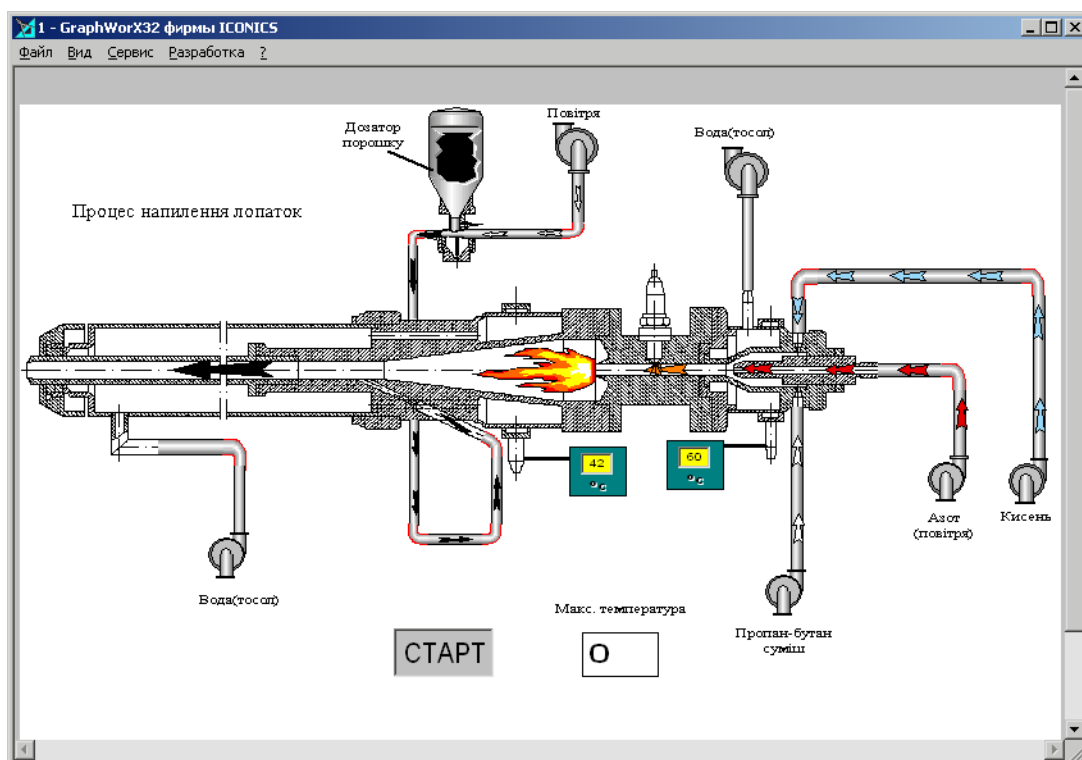


Рис. 5.6. Подача порошку і вибух у камері

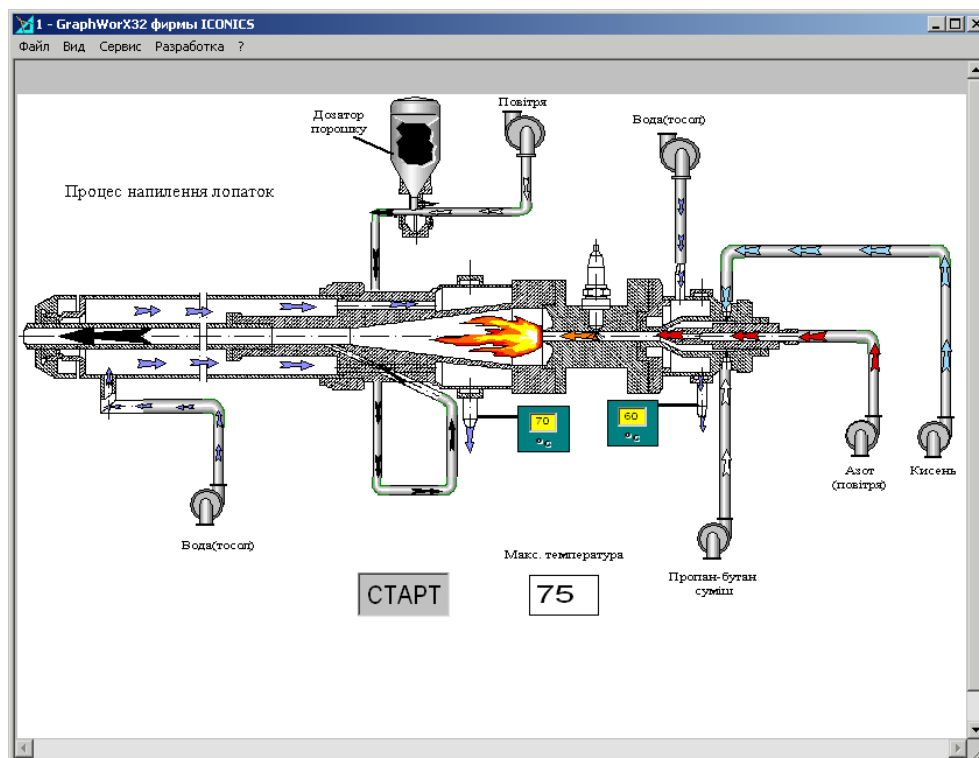


Рис. 5.7. Контроль за температурою ствола

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1. Аналіз об'єкта виробництва

При детонаційному методі напилювання лопаток компресора низького тиску шкідливими для здоров'я є: потужний світловий потік, ультразвукове випромінювання, шум, забруднення повітря розпиленими аерозолями. Небезпеку представляє електричний струм, високотемпературне полум'я і гази, що знаходяться під високим тиском.

Розглянемо вплив перерахованих вище чинників на організм людини. Для цього складемо таблицю.

Таблиця 6.1.

Класифікація шкідливих виробничих факторів

Шкідливі і небезпечні фактори	Вплив на організм людини
Потужний світловий потік, спалахи, електричні дугові розряди	Послаблення зору, підвищення ймовірності ушкодження рогівки ока
Забруднення повітря розпиленими аерозолями	Ураження органів дихання
Виробничий шум, який систематично перевищує допустиму межу гучності, сильні або різкі звуки	Погіршення слуху, глухота, може спричинити нервові, серцево-судинні захворювання.
Ультразвукове випромінювання	Викликає біль голови, загальну втому, розлади нервової та серцево-судинної систем.
Високотемпературне полум'я	Тепловий удар, опіки різних степеней важкості
Електричний струм	Порушення роботи серця і нервової системи внаслідок ураження струмом, судомне скорочення м'язів

Основними забруднювачами повітря під час роботи установки виступають продукти згоряння (переважно CO₂, NO) та дрібнодисперсні частинки порошку, які не потрапили на поверхню деталі. Для запобігання їх розповсюдженню по

приміщенню цеху, гармата розташована в окремому боксі, який оснащено приточно-витяжною вентиляцією. Елементами системи вентиляції є повітропроводи, короби, електровентилятори, пристрої вловлювання порошкових матеріалів і поглинання шуму. Робота системи приточно-витяжної вентиляції зводиться до нагнітання і відбору повітря в боксі. Об'єм повітря визначається з умови 50-разового обміну повітря в боксі протягом однієї години.

6.2. Заходи, спрямовані на приведення виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів до нормативних вимог

В пункті 6.1. відмічено, що шкідливого впливу світлового потоку та ультразвукового випромінювання на людину дозволяє уникнути бокс, який закривається на час проведення робіт і стінки самої гармати виготовленні з матеріалу, які перешкоджають проникненню випромінювання. Рівень шуму, при виконанні робіт по напиленню, досягає 140 дБ, зменшити його вплив на людину дозволяє щільно закрите приміщення боксу та індивідуальні засоби захисту (навушники). Нормативним значенням шуму для приміщень з шумним устаткуванням є 64-103 дБ.

Функції по захисту від впливу високих температур (1300°K в камері згоряння) виконує автономна система охолодження, яка контактуючи по всій поверхні гармати, охолоджує нагріті частини до допустимої межі ($60-80^{\circ}\text{C}$).

Від ураження струмом людину захищає ізоляція провідників і ковпачки, які щільно закривають контактні з'єднання (на свічці запалення). Гази протікають по гумових трубопроводах, які захищені від пошкоджень зовнішньою металевою оболонкою.

Щоб виключити нещасні випадки, працюючі на детонаційній установці зобов'язані суворо дотримуватись правил техніки безпеки.

Модернізація установки проводиться з врахуванням вимог щодо пожежної безпеки. Найперше, визначаємо категорію пожежної небезпеки цеху. Даний цех відноситься до класу вибухо- та пожежонебезпечних приміщень. Основним вибухонебезпечним об'єктом є сама гармата.

Приміщення та споруди поділяються на категорії (А,Б,В,Г,Д) залежно від розміщених технологічних виробництв і властивостей речовин і матеріалів, які там застосовуються або утворюються. Цех по напиленню виробів належить до категорії В – пожежо небезпечна. Це приміщення в якому обертаються горючі та легкозаймисті гази та матеріали.

Причинами загоряння на виробництві можуть бути:

- куріння, залишені без нагляду нагрівальні прилади;
- перевищення допустимої температури;
- пошкодження транспортуючих трубопроводів;
- не здійснення продувки ствола гармати від залишків порошку;
- несвоєчасне очищення будівельних конструкцій приміщень від відпрацьованих мастильних матеріалів, гасу, бензину.

Велике значення для обмеження поширення вогню і забезпечення безпеки людей та їх евакуації з приміщення має план споруд і передбачення евакуаційних шляхів, які дозволяють людям при пожежі швидко покинути приміщення.

На даному виробництві кожне технологічне відділення відокремлене від сусіднього протипожежними перегородками, які виконані з негорючих матеріалів. Протипожежні стіни опираються на фундамент. При пожежі вони забезпечують захист протягом 2,5 годин. Протипожежні стіни зводяться на всю висоту приміщення, розділяють перекриття і попереджують поширення пожежі по зовнішніх стінах. Кожне приміщення, кожна технологічна площадка мають не менше як по два виходи.

На території підприємства встановлені пожежні щити. До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщуються на них, включають ящик з піском, покривало з керамічного теплоізоляційного матеріалу (азбест), 2 ломи, 2 сокири, вогнегасники марки ОП-20 (порошкові). Для швидкого і точного оповіщення про пожежу і місце її виникнення в цеху призначається людина, яка сповіщає пожежну команду заводу про виникнення небезпеки.

Розроблені заходи захисту знижують виробничий травматизм, попереджають виникнення надзвичайних, критичних та аварійних ситуацій. Заходи по пожежній безпеці дозволяють вчасно виявляти осередки загоряння та

швидко їх локалізувати, що зменшує затрати, пов'язані з даним шкідливим явищем.

Таким чином, проведені заходи по охороні праці на даному виробництві забезпечують нормальні умови праці персоналу, попереджають виникнення небезпечних ситуацій для здоров'я обслуговуючого персоналу, захищають персонал і обладнання від можливих аварійних ситуацій, задовольняють вимогам відповідних нормативних документів.

6.3. Розрахунок повітрообміну в приміщеннях за надлишками шкідливих речовин.

Штучна (механічна) вентиляція, на відміну від природної, дає можливість очищувати повітря, перед його викидом в атмосферу, вловлювати шкідливі речовини безпосередньо біля місць їх утворення, обробляти припливне повітря (очищувати підігрівати, зволожувати тощо), більш цілеспрямовано подавати повітря в робочу зону. Окрім того, механічна вентиляція дає можливість організувати повітрозабір: у найбільш чистій зоні території підприємства і навіть за її межами.

При штучній вентиляції повітрообмін здійснюється внаслідок різниці тисків, що створюється вентилятором. Вона застосовується в тих випадках, коли тепловиділення у виробничому приміщенні недостатні для постійного (протягом року) використання аерації, або коли кількість чи токсичність шкідливих речовин, які виділяються у повітря приміщення є такою, що виникає необхідність постійного повітрообміну незалежно від метеорологічних умов навколишнього середовища.

Механічна вентиляція може бути робочою або аварійною. Остання повина передбачатися у виробничих приміщеннях, де можливе раптове надходження у повітря значної кількості шкідливих чи вибухонебезпечних речовин. Аварійна вентиляція повинна вмикатись автоматично при досягненні граничної концентрації небезпечних виділень і забезпечувати швидке їх вилучення із приміщення.

Основне завдання розрахунку загально обмінних систем штучної вентиляції – визначити кількість повітря L (м³/год.), що необхідно подати або вилучити з приміщення. При розрахунку вентиляції в цехах, повітрообмін, як правило, визначають розрахунковим шляхом за конкретними даними про кількість шкідливих виділень (теплоти, вологи, парів, газів, пилу).

В нашому випадку маємо цех, де виділяються шкідливі речовини, повітрообмін визначаємо за кількістю шкідливих газів, парів, пилу, що надходять у робочу зону, з метою розбавлення їх припливним повітрям до гранично допустимих концентрацій:

$$L = L_{o.z} + \frac{G - L_{o.z} \cdot (C_{o.z} - C_n)}{C_{yx} - C_n}$$

де G – кількість шкідливих речовин, що надходять у повітря цеху, мг/год.;

C_{yx} – гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин, що надходять у повітря цеху, мг/м³;

C_n – концентрація тих же шкідливих речовин у припливному повітрі, мг/м³;

$L_{o.z}$ – кількість повітря, що видаляється з приміщення з робочої зони місцевими насосами, м³/год;

$C_{o.z}$ – концентрація шкідливих речовин у повітрі відповідно у повітрі, що видаляється з робочої зони місцевими насосами, яке використовується на технологічні та інші потреби, мг/м³.

Гранично допустимі концентрації речовин, які виділяються у приміщення цеху[2]:

1. $C_{yx}(\text{CO}_2) = 5 \text{ мг/м}^3$;
2. $C_{yx}(\text{NO}) = 300 \text{ мг/м}^3$;
3. $C_{yx}(\text{гас}) = 20 \text{ мг/м}^3$;
4. $C_{yx}(\text{бензин в якості розчинника}) = 300 \text{ мг/м}^3$.

Загальне значення ГДК, які знаходяться у повітрі цеху:

$$k_1 = C_{yx}(\text{CO}_2) + C_{yx}(\text{NO}) + C_{yx}(\text{гас}) + C_{yx}(\text{бензин}) = 5 + 2 \cdot 300 + 20 = 625 \text{ мг/м}^3.$$

Кількість шкідливих речовин, що надходять у повітря внаслідок технологічного процесу:

$$G = 68755 \text{ мг/год.}$$

Знаходимо кількість повітря:

$$L = 50 + \frac{68755 - 50 \cdot 624,975}{625} = 110,01 \text{ м}^3/\text{год}$$

6.4. Шляхи вирішення задачі захисту від ЕМІ

Ідеальним захистом від ЕМІ було б повне закрите приміщення металевим екраном, в якому розміщена радіоелектронна апаратура. Разом з тим ясно, що практично забезпечити такий захист в ряді випадків неможливо, тому що для роботи апаратури часто потрібно забезпечити її електричний зв'язок із зовнішніми пристроями.

Тому, використовуються менш надійні засоби захисту, такі як струмопровідні сітки чи плівкові покриття для вікон, стільникові металеві конструкції для воздухозабірників і вентиляційних отворів та контактні пружинні прокладки, розташовувані по периметру дверей і люків.

Більш складною технічною проблемою вважається захист від проникнення ЕМІ в апаратуру через різні кабельні вводи. Радикальним вирішенням даної проблеми міг би стати перехід від електричних мереж зв'язку до практично не підданих впливу ЕМІ волоконно-оптичних.

Однак заміна напівпровідникових приладів у всьому спектрі виконуваних ними функцій електронно-оптичними пристроями можливо тільки у віддаленому майбутньому. Тому в даний час як засоби захисту кабельних вводів найбільше широко використовуються фільтри, в тому числі волоконні, а також

іскрові розрядники, металоокисні варистори і високошвидкісні зенеровські діоди.

Усі ці засоби мають як переваги, так і недоліки. Так, ємнісно-індуктивні фільтри досить ефективні для захисту від ЕМІ малої інтенсивності, а волоконні фільтри захищають у відносно вузькому діапазоні надвисоких частот. Іскрові розрядники володіють значною інерційністю й, в основному, придатні для захисту від перевантажень, що виникають під впливом напруг і струмів, що наводяться в обшиваці літака, кожусі апаратури й екрануванні кабеля.

Металоокисні варистори являють собою напівпровідникові прилади, що різко підвищують свою провідність при високій напрузі. Однак, при застосуванні цих приладів, як засобу захисту від ЕМІ, варто враховувати їхню недостатньо високу швидкодію і погіршення характеристик при кількарізовому впливі навантажень.

Ці недоліки відсутні у високошвидкісних зенеровських діодах, дія яких базується на різкій лавиноподібній зміні опору від відносно високого значення практично до нуля при перевищенні прикладеної до них напруги визначеної граничної величини. Крім того, на відміну від варисторів, характеристики зенеровських діодів після багаторізових впливів високих напруг і переключень режимів не погіршуються.

Найбільш раціональним підходом до проектування засобів захисту від ЕМІ кабельних введів є створення таких роз'ємів, в конструкції яких передбачені спеціальні міри, що забезпечують формування елементів фільтрів і установку вмонтованих зенеровських діодів. Подібне вирішення сприяє одержанню дуже малих значень ємності й індуктивності, що необхідно для забезпечення захисту від імпульсів, що мають незначну тривалість і, отже, потужну високочастотну складову. Використання роз'ємів подібної конструкції дозволить вирішити проблему обмеження масо-габаритних характеристик пристрою захисту.

Складність вирішення задачі захисту від ЕМІ і висока вартість розроблених для цих цілей засобів і методів змушують піти на перших порах по шляху їхнього вибіркового застосування в особливо важливих системах зброї і військової

техніки. Першими цілеспрямованими роботами в даному напрямку були програми захисту від ЕМІ стратегічної зброї.

Такий же шлях обраний і для захисту систем, що мають велику довжину керування і зв'язку. Однак, основним методом вирішення даної проблеми закордонні фахівці вважають створення так званих розподілених мереж зв'язку (типу "Гвен"), перші елементи яких уже розгорнуті на континентальній частині США.

Сучасний стан проблеми ЕМІ можна оцінити в такий спосіб. Досить добре досліджені теоретично і підтверджені експериментально механізми генерації ЕМІ і параметри його вражаючої дії.

Розроблено стандарти захищеності апаратури і відомі ефективні засоби захисту. Однак, для досягнення достатньої впевненості в надійності захисту систем і засобів від ЕМІ необхідно провести випробовування за допомогою імітатора. Що стосується повномасштабних випробовувань систем зв'язку і керування, то ця задача навряд чи буде вирішена в доступному для огляду майбутньому.

В даний час у деяких західних країнах ведуться роботи з генерації імпульсів електромагнітного випромінювання магнітодинамічними пристроями, а також високовольтними розрядами. Тому питання захищеності від впливу ЕМІ будуть залишатися в центрі уваги фахівців при будь-якому результаті переговорів про ядерне роззброювання.

ВИСНОВКИ

В цій кваліфікаційній роботі була розроблена система для автоматизації технологічного процесу нанесення детонаційного покриття. Автоматизація цього технологічного процесу дозволяє полегшити управління ним, що підвищує продуктивність установки та якість поверхні напилення, що підвищує техніко-економічні показники системи в цілому.

Контролер ADAM 4000 керує контурами технологічного процесу, дозволяючи забезпечити керування технологічного процесу детонаційного напилення. Це також дозволяє надавати персоналу своєчасну і достовірну інформацію про протікання автоматизованого процесу та проводити діагностику обладнання.

Керування технологічним процесом напилення лопатки на основі SCADA-системи «GENESIS 32» була однією з частин проекту. Завдяки візуалізації процесу можна наглядно спостерігати за його рухом, регулювати технологічні параметри та запобігати аварійним ситуаціям.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації з виконання, оформлення та захисту кваліфікаційних робіт магістрів спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / ТНТУ ім. І. Пулюя; уклад. А.Г. Микитишин, М.М. Митник. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 80 с.
2. Дубовий О.М. Технологія газотермічного і вакуумно-конденсаційного нанесення окриттів : Підручник / О.М. Дубовий А.А. Кареченко М.М. Бобров. — Миколаїв : видавець Торубара В.В. 2018. — 202 с.
3. О.М. Дубовий, А.М. Степанчук. Технологія напилювання покриттів: Підручник. – Миколаїв: НУК, 2007. – 236 с.
4. Нанесення покриття: Навч. посібник / В.М. Корж, В.Д. Кузнецов, Ю.С. Борисов, К.А. Ющенко; за ред. К.А. Юценка. – Київ : Арістей, 2005. – 204с.
5. ДСТУ 2491-94. Покриття металеві та неметалеві. Терміни та визначення // Стандарти України: покажчик. – Київ : Держстандарт України, 2003. – 178с.
6. Paul Joseph, Svetlana Tretsiakova-Mcnally. Reactive modifications of some chain- and step-growth polymers with phosphorus-containing compounds: effects on flame retardance // Polymers for Advanced Technologies. 2011. 22(4). P.395-406
7. Pei Ni, Youyou Fang, Lijun Qian, Yong Qiu. Flame-retardant behavior of a phosphorus/silicon compound on polycarbonate // Journal of Applied Polymer Science. 2017. 135(6). P.45815.
8. Козак В.Р. Техніка і технологія діагностування основних вузлів компресорних установок і допоміжного устаткування. // Нафтова і газова промисловість. - 1997. -№ 2. - с. 43-44.
9. Kicko-Walczak Ewa. Stady on flame retardant un saturated polyester resins – an overview of past and new developments // 38 th. Macromolecular IUPAC Symposium. Warsaw. 9–14 July, 2000. P. 1305
10. Sheng Gao, Ying Liu, Shengyu Feng, Zaijun Lu. Synthesis of borosiloxane/polybenzoxazine hybrids as highly efficient and environmentally

- friendly flame retardant materials // Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry. 2017. 55(14). P.2390-2396..
11. Shu-Mei Liu, Yan Yang, Zhi-Jie Jiang, Yan-Hui Zhou, Jian Zuo, JianQing Zhao. Synergistic flame retardant effect of poly(ether sulfones) and polysiloxane on polycarbonate // Journal of Applied Polymer Science. 2012. 124(6). P.4502-4511
12. Ладанюк, А.П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості [Текст] : підручник для вузів I-IV рівнів акред. із спец. "Харчова технологія та інженерія" / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. - К. : Аграрна освіта, 2001. - 224 с. - ISBN 966-95661-2-6
13. І.Т. Стрепко, О.В. Тимченко, Б.В. Дурняк. Проектування систем керування на однокристальних мікро-ЕОМ. – К.: Фенікс, 1998.
14. Навчальний посібник «ТЕХНОЕКОЛОГІЯ ТА ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА. ЧАСТИНА «ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА»» / автор-укладач В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
15. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ» / В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с.
16. Вовк Ю. Я. Охорона праці в галузі. Навчальний посібник / Ю. Я. Вовк, І. П. Вовк – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А. – 2015. – 172 с.